Populäre Naturlehre

mit besonderer Rücksicht auf die

Chemie und verwandten Wissenschaften.

Von

M. Becquerel,

Mitglied der Akademie und erster Professor am naturgeschichtlichen Museum in Paris, Mitglied der königl. Societät in London, der Akademie in Berlin und vieler gelehrten Gesellschaften.

In neun Theilen,

mit einer Menge von Abbildungen.

Aus dem Französischen

von

Professor G. Kißling.

Fünfter Theil.

Mit Tafel VII. und VIII.

Herausgegeben von der „Gesellschaft zur Verbreitung guter und wohlfeiler Bücher.“

Stuttgart, 1845.

Verlag von Scheible, Rieger & Sattler.

(Preis pro Theil 18 kr. oder 4½ ggr.)

Viertes Kapitel.

Von der specifischen Wärme der einfachen und zusammengesetzten Körper und den Gesetzen, welche sie leiten.

Es wurde bis jetzt nur von der Wärme in Beziehung auf ihre Hervorbringung bei physischen und chemischen Wirkungen, und durchaus nicht bei den Lebenserscheinungen gesprochen; dieser letztere Theil der Aufgabe wird der Gegenstand einer besonderen Abhandlung in diesem Werke sein, wo wir versuchen werden, sie so vollständig als möglich abzuhandeln, indem wir uns mit allen Belegen, die uns Physik, Chemie, und Physiologie liefern können, versehen. Dem Plane getreu, welchen wir uns entworfen haben, müssen wir das, was die Wärmeentwicklung anbetrifft vervollständigen, d. h. von der specifischen Wärme und dem Maße der Temperaturen reden, ehe wir die Wirkung der Wärme auf die Körper, entweder um ihren Zustand zu verändern, oder um ihre physischen Eigenschaften, oder ihre molekulare Anordnung zu modifiziren, oder um sie zu zersetzen, abhandeln; diese letzte Untersuchung kann nicht eher angestellt werden, als bis man die Wirkung der Kräfte auf die Körper abhandelt.

Bei der Erforschung der Wärmeentwicklung ist häufig von den verschiedenen Mengen dieses Agens, welches die Körper ausstrahlen oder absorbiren, die Rede gewesen, wenn ihre Temperatur um eine gleiche

Anzahl Grade steigt oder fällt. Diese Mengen, welche bei einer großen Anzahl von Aufgaben, die sich auf die Wärme beziehen, in Betracht kommen, drücken die specifische Wärme, oder die Wärmecapacität der Körper aus. Wir wollen untersuchen, ob diese Capacitäten nicht Gesetzen unterworfen sind, welche von der atomischen Constitution, oder von dem Atomgewichte der Körper abhängen, ohne uns jedoch in die Einzelnheiten der Apparate und Versuche einzulassen, welche hier keine Stelle finden können, da unser Zweck uns an die allgemeinen Gesetze der Erscheinungen und an ihre Anwendung auf das Studium der Chemie und die verwandten Wissenschaften knüpft. Um in unsern Vortrag Ordnung zu bringen, beginnen wir damit: die Wärmecapacitäten bei den einfachen und zusammengesetzten, festen und liquiden Körpern, und sodann bei den einfachen und zusammengesetzten gasförmigen Körpern zu untersuchen.

Drei Methoden, von denen eine jede Vortheile und Nachtheile zeigt, wurden nach einander von geschickten Physikern angewandt, um die Wärmecapacitäten der Körper zu bestimmen. Jeder Experimentator wählte die Methode, welche ihm bei seinen Ansichten und bei den Umständen, in welchen er operirte, die passendste zu sein schien. Diese drei Methoden sind ohne uns an eine chronologische Ordnung zu halten:

1) Methode durch Schmelzung des Eises, oder des Calorimeter.

2) Methode der Abkühlung.

3) Methode der Mischungen.

Die erste, die man Laplace und Lavoisier verdankt, beruht auf der Eigenschaft, welche das Eis besitzt, während der Schmelzung immer die gleiche Temperatur zu behalten. Wenn man demnach die Wärmemenge bestimmen will, die ein Körper, indem er von einer bestimmten Temperatur auf Null herabsinkt, verliert, so muß man ihn in das Innere einer hohlen

Eiskugel legen, und das Wasser, welches von ihrer Schmelzung herrührt, sammeln; das Gewicht dieses Wassers dient dazu, die Wärme, welche der Körper bei seiner Abkühlung bis auf Null verloren hat, darzustellen. Der von diesen beiden berühmten Männern ersonnene Calorimeter realisirt vollständig diese Eiskugel.

Um die Wärmecapacitäten der Körper zu vergleichen, ist es hinreichend, ihr Gewicht, ihre anfängliche Wärme und die Menge Eis, welche von jedem geschmolzen wurde, zu kennen.

Es sei c die Wärmecapacität dieses Körpers, t seine anfängliche Temperatur und q die Eismenge, welche im Augenblicke seines Minimums geschmolzen wurde, p das Gewicht des Körpers;

$$\frac{q}{tp},$$

drückt die Eismenge, welche durch die Gewichtseinheit für eine Abkühlung von 1° geschmolzen wurde, aus, da die entwickelte Wärme seiner Abkühlung und seinem Gewicht auffallend proportional ist. Man hat für einen andern Körper $\frac{q'}{t'p'}$, indem $q't'p'$ analoge Mengen wie q, t, p, bezeichnen; das Verhältniß von $\frac{q}{tp}$ zu $\frac{q'}{t'p'}$ wird das der specifischen Wärmen der beiden Körper oder von $\frac{c}{c'}$ sein.

Wenn es sich von einem liquiden Stoffe handelt, so muß man überdies das Gewicht und die specifische Wärme des Gefäßes, welches sie enthält, kennen. Wenn man die specifische Wärme eines festen oder liquiden Körpers als Funktion des Wassers bekommen will, so dividirt man sie mit 0,1333; denn ein Kilogramm Wasser von 75° schmilzt bei seiner Abkühlung bis auf Null ein Kilogramm Eis; die Menge des geschmolzenen Eises für eine Abkühlung von 1° ist also gleich $\frac{1}{75}$ oder 0,1333.

Die Anwendung des Calorimeters von Lavoisier und Laplace gibt nur in so weit genaue Resultate, als die äußere Temperatur sehr wenig von Null verschieden ist und die Körper keine zu kleine Dimensionen haben. Man hat bei dieser Methode jedoch immer zu befürchten, daß an der Oberfläche des Eises eine kleine Menge Wasser bleibt, die man in dem Calkül nicht berücksichtigen kann.

Die zweite Methode, die der Abkühlung, so wie sie von Dulong und Petit vervollkommnet wurde, macht es zwar wohl möglich, mit sehr kleinen Materien im pulverisirten oder liquiden Zustande zu operiren; sie hat aber den Nachtheil, auf Hypothesen zu beruhen, die von einigen Physikern nicht als bewiesen betrachtet werden. Diese Methode besteht darin, die Substanz als feines Pulver in ein kleines silbernes Gefäß mit dünnen Wänden zu bringen, welches an seiner äußern Oberfläche polirt und an seiner innern Fläche rußschwarz ist, damit sein Absorbirungsvermögen so stark als möglich sei. Ein sehr empfindliches Thermometer, dessen Kugel sich im Innern des Cylinders befindet und dessen Röhre durch eine Oeffnung herausgeht, die in einem polirten silbernen Deckel, der das Gefäß schließt, angebracht ist, zeigt die Veränderungen der Temperatur an. Nachdem man die Substanz recht zusammengedrückt hat, erhöht man die Temperatur des Apparates von 30 bis auf 40 Gr. und bringt ihn unter einen Recipienten, welchen man luftleer gemacht hat und dessen Temperatur man beständig mit Eis auf Null erhält. Man mißt hierauf mit einem Chronometer sehr genau die Geschwindigkeit der Abkühlung, d. h. die Zeit, welche das Thermometer braucht, um auf eine constante Differenz etwa von 10 bis 5 Gr. zu sinken. Mit Hülfe zweier Beobachtungen bestimmt man das Verhältniß zwischen der specifischen Wärme von zwei Substanzen von bekanntem Gewichte, welche man nach einander

in das Gefäß bringt. Es ist leicht, durch den Calkül zu beweisen, daß die Zeit, welche zwei Körper von gleicher Temperatur brauchen, sich um eine gleiche Anzahl Grade abzukühlen, im direkten Verhältniß mit ihren Gewichten und mit ihren Wärmekapacitäten stehe.

Es seien M und M′ die Massen zweier Körper, c und c′ ihre specifischen Wärmen, t und t′ die Zeiten, welche das Thermometer braucht, von einer gleichen Anzahl Grade zu sinken, etwa von 10 auf 5 Gr. Nach dem Newton'schen Gesetze, welches hier angenommen werden kann, wird die Geschwindigkeit der Abkühlung, wenn die Temperaturüberschüsse nicht zu beträchtlich sind, proportional dem Temperaturüberschuß des Körpers über den des umgebenden Mittels sein.

Wenn die Temperatur der Luft T die der Körper T′ und die Temperatur nach der Abkühlung T″ ist, so hat man

$$T' - T = A;\ T'' - T = B$$

Indem man t die Zeit nennt, welche das Thermometer braucht, um von dem Ueberschusse A auf den von B zu sinken, so hat man nach dem Newton'schen Gesetze

$$B = Ak^{-t}$$

woraus man, wenn man

log. hyp k = m macht,

bekömmt

$$m = \frac{1}{t} \text{ log. hyp. } \frac{A}{B}$$

Da nun die Geschwindigkeit der Abkühlung ist

$$V = - \frac{dB}{dt}$$

so hat man

$$V = mA.$$

Man hat auch

$$m = \frac{SH}{Mc}$$

Indem S die Oberfläche des Körpers ist, welcher sich abkühlt, H die äußere Leitungsfähigkeit, woraus

$$\frac{SH}{Mc} = \frac{1}{t} \text{ log. hyp. } \frac{A}{B}$$

für eine andere Substanz würde man haben

$$\frac{SH}{M'c'} = \frac{1}{t'} \text{ log. hyp. } \frac{A}{B}$$

Woraus

$$\frac{Mc}{M'c'} = \frac{t}{t'},$$

eine Gleichung, aus welcher man c' als Funktion von c erhalten kann. Bei den Versuchen muß man die Masse des Gefäßes und die des Thermometers in Anschlag bringen. Wie man die Correktion ausführt, wird nachher angegeben werden.

Die dritte Methode, die der Mischungen, welche weit genauer ist, wurde von Mayer ersonnen und von Regnault in den interessanten Forschungen über die specifische Wärme der einfachen und zusammengesetzten Körper aufs Neue angewandt. Dieser junge Physiker brachte an dieser Methode Vervollkommnungen an, welche von neuen Entdeckungen herrühren. Trotz den Vortheilen, die sie zeigt, verlangt sie demungeachtet die größte Vorsicht, wenn man ein völliges Vertrauen in die Resultate setzen will, besonders wenn man mit schlechten Wärmeleitern operirt, welche nur in dem Zustande eines sehr feinen Pulvers erhalten werden können.

Diese Methode besteht darin, in eine Flüssigkeit, deren Temperatur und Gewichte bekannt sind, einen Körper zu tauchen, der keine Wirkung auf diese Flüssigkeit ausübt, und von welchem man ebenfalls die Temperatur und das Gewicht kennt; dann die Temperatur der Mischung zu beobachten, welche

nicht allein vom Gewicht und der Temperatur dieser Körper, sondern auch von ihren Wärmecapacitäten abhängt; man kann eine solche Relation zwischen diesen vier Größen aufstellen, daß sich, wenn drei bekannt sind, die vierte daraus ableiten läßt.

Seien p und p′ die Gewichte der Flüssigkeit und des Körpers, t und t′ ihre anfängliche Temperatur, c und c′ ihre Wärmecapacitäten, welche auf die Gewichts- und Temperatureinheit gebracht wurden; T die Temperatur der Mischung. Wenn die Flüssigkeit, deren Gewicht p ist, und die anfängliche Temperatur t größer als T durch Annahme ist, die Temperatur T durch die Wirkung der Mischung annimmt, so ist es bewiesen, daß die Zahl der Einheiten, welche sie verliert, gleich pc (t—T), und die Zahl Wärmeeinheiten, welche von dem Körper gewonnen wurde, wird gleich

$$p'c'\,(T-t')$$

sein, woraus man schließt

$$pc\,(t-T) = p'c'\,(T-t'),$$

weil der eine nur das gewinnen kann, was der andere verliert. Aus dieser Gleichung zieht man den Werth von c′ als Funktion von c.

Diese an und für sich sehr einfache Methode, verlangt indessen Korrektionen und ziemlich sorgfältige Vorkehrungen bei ihren Anwendungen; die Korrektionen beziehen sich auf die Wärme, welche von dem Gefäße absorbirt wird, wo die Mischung gemacht wird, und auf die Abkühlung, welche hervorgebracht wird, während sie vor sich geht. Man nimmt folgendermaßen auf die absorbirte Wärme Rücksicht.

Bezeichnen wir das Gewicht des Gefäßes durch p″, seine specifische Wärme durch c″, nehmen wir an, daß seine anfängliche Wärme gleich t′, d. h. gleich der des zweiten Körpers sei, so hat man

$$pc\,(t-T) = p'c'\,(T-t') + p''c''\,(T-t') = (T-t')\,[p'c' + p''c'']$$

eine Gleichung, in welcher mit Ausnahme von c, c′ und c″ alles bekannt ist.

Wenn man die Wärme, welche vom Thermometer absorbirt wurde, in Anschlag bringt, so hat man, indem durch p‴ seine Masse und c‴ seine specifische Wärme bezeichnet.

$$pc\,(t-T) = p'c'\,(T-t') + p''c''\,(T-t') + p'''c'''\,(T-t')$$

oder $pc\,(t-T) = (T-t')\,[p'c' + p''c'' + p'''c''']$

In dieser Gleichung gibt es vier unbekannte c, c′, c″, c‴; wenn man $\frac{c'}{c}$ bestimmen will, so gelangt man auf folgende Weise dazu; man taucht in das Wasser anstatt eines beliebigen Körpers, einen Körper von derselben Natur wie das Gefäß, sodann bei einem anderen Versuche einen Körper von der nämlichen Natur wie das Thermometer; man hat alsdann drei Gleichungen, zuerst die vorhergehende, und dann die beiden folgenden:

$$pc\,(t-T) = (T_1-t')\,[p'_1c'' + p''c'' + p'''c''']$$
$$pc\,(t-T) = (T_2-t')\,[p'_2c''' + p''c'' + p'''c''']$$

Da in diesen beiden Gleichungen c′ nicht mehr enthalten ist, so kann man $\frac{c''}{c}$ und $\frac{c'''}{c}$ bestimmen. Nachdem man diese Werthe in die erste setzt, so hat man $\frac{c'}{c}$, den gesuchten Ausdruck.

Um so viel als möglich die Wirkungen der Abkühlung zu vermindern, richtet man es so ein, daß die Temperatur der Mischung wenig von der Luft verschieden ist. Wir verweisen übrigens für weitere Entwicklung auf die Denkschrift Regnault's, in welcher man alle Einzelheiten finden wird, die sich auf die Beschreibung des Apparats, welchen er anwandte, auf sein Versuchsverfahren und auf die Rechnungen beziehen, welche man vorzunehmen hat, um zur Bestimmung der Wärmecapacitäten zu gelangen.

Von der specifischen Wärme der einfachen, festen und liquiden Körper.

Wir müssen damit anfangen, zu beweisen, daß die specifische Wärme eines Körpers nicht die nämliche bei allen Temperaturen ist, um die Nothwendigkeit, zwischen gewissen Gränzen der Temperatur zu experimentiren, einzusehen, wenn man vergleichbare Resultate erhalten will. Diese Thatsache geht aus den Versuchen von Dülong und Petit, deren Resultate wir hier angeben, zur Genüge hervor.

Körper.	Mittlere Capacität zwischen 0° und 100°	Mittlere Capacität zwischen 0° und 300°
Eisen . . .	0,1098	0,1218
Quecksilber . .	0,0330	0,0350
Zink	0,0927	0,1015
Antimon . . .	0,0507	0,0549
Silber . . .	0,0557	0,0611
Kupfer . . .	0,0949	0,1013
Platin . . .	0,0335	0,0355
Glas	0,177	0,190

Die den beiden Colonnen entsprechenden Zahlen beweisen hinlänglich, daß die specifische Wärme der Körper mit der Temperatur zunimmt; um folglich die specifischen Wärmen verschiedener Körper miteinander zu vergleichen, muß man soviel als möglich diese Körper bei demselben Punkte ihrer Thermometerscale nehmen. Indem Dulong und Petit die specifischen Wärmen mit den entsprechenden Atomgewichten verglichen, wurden sie auf ein sehr merkwürdiges Gesetz geführt, das folgendermaßen lautet:

Die Atome aller einfachen Körper haben genau dieselbe Wärmecapacität. Dieses Gesetz drückt sich in der folgenden Tabelle klar aus, woraus erhellet, daß das Produkt aus dem Gewichte jedes Atoms mit der Wärmecapacität, die

ihm gehört, beinahe eine constante Zahl ist, da die Differenzen den Versuchsfehlern zugeschrieben werden müssen.

Körper.	Specifische Wärmen.	Atomgewichte.	Produkt der Gewichte jedes Atoms mit den entsprechenden Wärmecapacitäten.
Wismuth . .	0,0288	1330	38,30
Blei . .	0,0293	1295	37,94
Gold . .	0,0298	1343	37,01
Platin . .	0,0314	1116	37,40
Zinn . .	0,0514	735	37,79
Silber . .	0,0557	675	37,59
Zink . .	0,0927	403	37,36
Tellur . .	0,0912	403	36,75
Kupfer . .	0,0949	395,7	37,55
Nickel . .	0,1035	369	38,19
Eisen . .	0,1100	339,2	37,31
Kobalt . .	0,1498	246	36,85
Schwefel . .	0,1880	201,1	37,80

Es ist leicht aus der Gleichheit der in der letzten Colonne angegebenen Zahlen zu schließen, daß die Atome dieselbe Wärmecapacität haben.

Seien C und C' die Wärmecapacitäten zweier Körper; c und c' die ihrer Atome, p und p' die Gewichte dieser Atome, n und n' ihre Zahl unter demselben Gewicht. Man hat zuerst

$$Cp = C'p'.$$

Da aber $C = nc,\ C' = n'c'$,
so leitet man daraus ab

$$pnc = p'n'c'.$$

Da aber nach der Annahme

$$pn = p'n',$$

so erhält man daraus $c = c'$, oder die Gleichheit der specifischen Wärmen der Atome. Diese Gleichheit findet jedoch nur unter zwei Bestimmungen Statt. Die erste, daß das Produkt des Gewichts von jedem

Atome mit der entsprechenden Capacität eine constante Zahl sei; die zweite, daß die Zahlen, welche für die Atomgewichte angenommen wurden, genau diejenigen sind, welche von Dulong und Petit gewählt wurden.

Zur Zeit, wo diese beiden Physiker ihre Versuche anstellten, fand noch Ungewißheit über die Wahl zwischen mehreren Zahlen für die Atomgewichte mehrerer Körper Statt; sie nahmen natürlich diejenigen, welche mit dem Gesetze übereinstimmten, in der Ueberzeugung von ihrer Genauigkeit. Gegenwärtig jedoch haben die Chemiker den wirklichen Werth des Atomgewichtes mehrerer Körper bestimmt, die Ungewißheit hört auf und die Wahl ist nicht mehr möglich. Wenn man eine neue Tabelle aus den bestimmt angenommenen Atomgewichten bildet, so findet man, daß das Gesetz Anomalien zeigt, welche ihm seine Allgemeinheit zu nehmen scheinen.

Körper.	Specifische Wärmen.	Gegenwärtig angenommene Atomgewichte.	Produkte aus den Gewichten jedes Atoms mit der entsprechenden Wärmecapacität.
Wismuth .	0,0288	887	25,53
Blei . .	0,0293	1295	37,94
Gold . .	0,0298	1243	37,04
Platin . .	0,0314	1233	38,72
Zinn . .	0,0514	735	37,99
Silber . .	0,0557	1351	75,18
Zink . .	0,0927	403	37,36
Tellur . .	0,0912	806	73,50
Kupfer . .	0,0949	395,7	37,55
Nickel . .	0,1035	369	38,19
Eisen . .	0,1100	339,2	37,31
Kobalt . .	0,1498	369	55,28
Schwefel . .	0,1880	201,1	37,80

Die in der letzten Colonne angegebenen Zahlen, welche die Produkte jedes Atomgewichtes mit der entsprechenden Capacität vorstellen, zeigen wirklich

große Unterschiede. Regnault aber, der die Ursache davon kennen wollte, untersuchte, ob das Dulong und Petit'sche Gesetz sich nicht im Allgemeinen zwischen gewissen Gränzen bestätigte. Er bestimmte zu diesem Ende mit der größten Sorgfalt die specifische Wärme einer großen Zahl von einfachen und zusammengesetzten Körpern. Die folgende Tabelle enthält die erhaltenen Resultate, denen von Dulong und Petit gegenüber, die Atomgewichte von Berzelius und die, welche von Regnault angenommen wurden. Diese Anordnung gestattet es auf eine leichte Weise, diese beiden Reihen von Resultaten mit einander zu vergleichen und Schlüsse daraus abzuleiten.

Namen der Substanzen	Mittel mehrer Versuche	Specif. Wärme, welche von Dulong und Petit gefunden wurde.	Atomgewichte von Berzelius.	Angenommene Atomgewichte.	Produkte aus den Atomgewichten in die entsprechende specifische Wärme.
Erster Theil. — Vorläufige Bestimmungen.					
Messing	0,09391	"	"	"	"
Glas	0,19768	"	"	"	"
Wasser	1,0080	"	"	"	"
Terpenthingeist,	0,42593	"	"	"	"
Zweiter Theil. — Einfache feste Körper.					
Abtheilung A.					
Eisen	0,11379	0,1100	339,21	339,21	38,597
Zink	0,09555	0,0927	403,23	403,23	38,526
Kupfer	0,09515	0,0949	395,70	395,70	37,849
Cadmium	0,05669	"	696,77	696,77	39,502
Silber	0,05701	0,0557	1351,61	675,80	38,527
Arsenik	0,08140	0,081	470,04	470,04	38,261
Blei	0,03140	0,0293	1294,50	1294,50	40,617
Wismuth	0,03084	0,0288	886,92	1330,37	45,034
Antimon	0,05077	0,0507	806,45	806,45	40,944
Indisches Zinn	0,05623	1,0514	735,29	735,29	41,345

Namen der Substanzen.	Mittel mehrer Versuche.	Specif. Wärme, welche von Dulong und Petit gefunden wurde.	Atomgewichte von Berzelius.	Angenommene Atomgewichte.	Produkte aus den Atomgewichten in die entsprechende specifische Wärme.
Englisches Zinn	"	0,5695	"	"	"
Nickel von dem Oxalate	0,10863	0,1035	369,68	369,68	40,160
Cobalt von dem Oxalate	0,10696	0,1498	368,99	368,99	39,468
Gewalztes Platin	0,03243	0,0314	1233,50	1233,50	39,993
Palladium	0,05927	"	665,90	665,90	39,468
Gold	0,03244	0,0298	1243,01	1243,01	40,328
Schwefel	0,20259	0.1880	201,17	201,17	40,754
Selen	0,0837	"	494,58	494,58	41,403
Tellur	0,05155	0,0912	801,76	801,76	41,549
Jod	0,05412	0,089	789,75	789,75	42,703
Abtheilung B.					
Uran	0,06190	"	2711,36	677,84	41,960
Wolfram	0,03636	"	1183,00	1183 00	43,002
Molybdän	0,07218	"	598,52	598,52	43,163
Nichtgeschmolzenes Kohlenstoffnickel	0,11192	"	"	369,68	41,376
Im Gestübe geschmolzenes Kohlenstoffnickel	0,11631	"	"	369,68	42,999
Im Gestübe gesch Kohlenstoffkobalt	0,11712	"	"	368,99	43,217
Hausmanns Stahl	0,11848	"	"	339,21	40,172
Fein Metall	0,12728	"	"	339,21	"
Gußeisen von Burgund	0,12983	"	"	339,21	44,038
Kohle	0,24111	0,25	76,44	152,88	36,873
Posphor von 10° bis 30°.	0,1887	0,385	196,14	196,14	37,024
Phosphor von 0° b. 100° mit der Schmelzhitze verglichen.	0,25250	"	"	"	"
	0,25034	"	"	"	"

Namen der Substanzen.	Mittel mehrer Versuche.	Specif. Wärme, welche von Dulong und Petit gefunden wurde.	Atomgewichte von Berzelius.	Angenommene Atomgewichte	Produkte aus den Atomgewichten in die entsprechende specifische Wärme.
Abtheilung C.					
Unreines Iridium	0,3683	"	1233,50	1233,50	45,488
Reiches Kohlenstoffmangan	0,14411	"	345,89	345,89	49,848
Dritter Theil. — Einfache liquide Körper.					
Quecksilber	0,03332	0,0330	1265,82	1265,82	42,149

Diese Tabellen sind in drei Theile abgetheilt. Die erste umfaßt die specifische Wärme der Substanzen, deren Kenntniß für die Rechnungen nothwendig ist. Die zweite die einfachen, festen, in drei Abtheilungen A, B, C, gebrachten Körper. Die Abtheilung A umfaßt die reinen einfachen Körper, deren specifische Wärme genau ist. Die Abtheilung B enthält die Metalle, welche, da sie in einem Gestübe reduzirt wurden, geringe Carbüre sind. Die Zahlen, obgleich sie ein wenig zu stark sind, können so vermindert werden, daß man sie auf die reinen Metalle anwenden kann. Die specifische Wärme des Kohlenstoffs und des Phosphors befinden sich ebenfalls daselbst, aber die Zahlen, welche diese vorstellen, sind nicht genau bestimmt. In der Abtheilung C befinden sich zwei einfache Körper, welche eine bedeutende Menge fremder Stoffe enthalten, das Mangan und das Iridium, daher konnten ihre specifischen Wärmen gleichfalls nur näherungsweise bestimmt werden. Der dritte Theil enthält bloß das Quecksilber.

Die in der zweiten und dritten Colonne angegebenen Zahlen zeigen, daß Regnault's Resultate im Allgemeinen etwas größer sind als die von Dulong und Petit. Diese Differenz scheint von der Erhitzungsweise herzurühren, welche von diesen Letztern angewandt wurde, und nach welchen die Körper nicht genau die Temperatur hatten, welche man im Augenblicke, wo man sie in die Abkühlungsgefäße tauchte, mitgetheilt hatte. Die größten Differenzen kommen beim Kobalte und Tellur vor; Regnault schreibt sie denselben Ungewißheiten der von Petit und Dulong angewandten Methode zu. Wir wollen jetzt angeben, in welchen Gränzen man das Gesetz, welches sich auf die specifische Wärme der Atome bezieht, annehmen kann. Man sah, daß dieses Gesetz sich nur insofern bestätigte, als die in der letzten Colonne angegebenen Zahlen einander gleich sind. Sie sind nun weit entfernt, um es zu sein, weil sie von 38 bis 42, d. h. außerhalb der Gränzen der Beobachtungsfehler verschieden sind. Dieses Gesetz kann demnach nicht absolut angenommen werden; wenn man aber bedenkt, daß zu gleicher Zeit, wo sich die Produkte der Atomgewichte mit der entsprechenden specifischen Wärme von 38 bis zu 42 verändern, die Atomgewichte sich selbst von 200 bis 1400 verändern, so muß man annehmen, daß das Gesetz sich der Wahrheit nähert, und daß es wahrscheinlich für jeden Körper bei demselben Punkte der thermo-metrischen Scale oder an der Gränze, d. h. an dem Punkte, wo die Cohäsionskraft merklich Null ist, stattfindet.

Die specifische Wärme eines und desselben Körpers ändert sich merklich, wenn die Dichtheit eine Aenderung von derselben Ordnung erleidet, so gab das hämmerbare rothe Kupfer als specifische Wärme 0,09478, nachdem es kalt gehämmert wurde, gab es nur noch 0,09346, nachdem es ausgeglüht wurde,

erhielt man die ersten Bestimmungen wieder. Da das Blei, das Zinn keine Veränderung in der Dichtheit erleiden, so hat man beim Hämmern auch keine in ihrer specifischen Wärme gefunden. Es wäre um so wichtiger, zu finden, in welchen Fällen sich das Gesetz der specifischen Wärme der Atome bestätigt, man würde alsdann ein sehr genaues Mittel haben, um den Werth der Atomgewichte der einfachen Substanzen zu bestimmen, deren chemische Charaktere nicht hinreichend getrennt sind, um die Wahl der Chemiker zwischen mehreren Zahlen, welche denselben Grad von Wahrscheinlichkeit zeigen, zu fesseln.

Von der specifischen Wärme der zusammengesetzten Körper.

Man hat bis jetzt viele Untersuchungen über die specifische Wärme der zusammengesetzten Körper in der Hoffnung angestellt, ein ähnliches Gesetz zu begründen, wie dasjenige, welches die specifische Wärme der einfachen Körper leitet.

Unter den Physikern, welche sich mit dieser Aufgabe beschäftigten, führen wir zuerst Neumann an, welcher bei der Vergleichung der Zahlen, die er von einigen Carbonaten und Sulfaten, die aus Oxyden mit 1 Atom Sauerstoff gebildet wurden, erhalten hatte, zu zeigen suchte, daß in jeder dieser Klasse von Salzen, die specifischen Wärmen im umgekehrten Verhältnisse zu den Atomgewichten stehen; er wollte dieses Gesetz auch auf andere Verbindungen ausdehnen, da aber die von ihm erhaltenen Resultate nicht sehr zahlreich sind, mehrere unter ihnen sich weit von den berechneten Resultaten entfernen, so ist es nicht wohl möglich, die angezeigte Relation als bewiesen anzunehmen.

Die Aufgabe befand sich auf diesem Punkte als Regnault sie wieder aufnahm und dieselbe Versuchs-

mittel anwandte, welche ihm bei den einfachen Körpern gedient hatten. Die Körper, welche er dem Versuche unterwarf, waren metallische Legirungen, Oxyde, Sulfüre, Chlorüre, Bromüre, Jodüre, endlich die Salze, welche durch die Verbindung der Oxyde mit den Sauerstoffsäuren gebildet wurden. Man findet in der folgenden Tabelle die erhaltenen Resultate.

Namen der Stoffe.	Mittlere specifische Wärme.	Angenommene Atomgewichte.	Produkte der specifischen Wärme mit den Atomgewichten.	Berechnete specifische Wärme.
Erste Abtheilung. — Metalllegirungen.				
Eintheilung A.				
1 At. Blei, 1 At. Zinn	0,04073	1014,9	41,34	0,04039
1 At. Blei, 2 At. Zinn	0,04506	921,7	41,53	0,04461
1 At. Blei, 1 At. Antimon	0,03880	1050,5	40,76	0,03883
1 At. Wismuth, 1. At. Zinn	0,04000	1032,8	41,31	0,03987
1 At. Wism, 2 At. Zinn	0,04504	933,7	42,05	0,04415
1 At. Wism., 2 At Zinn und 1 At. Antimon	0,04621	901,8	41,67	0,04564
1 At. Wism, 2 At. Zinn 1 At. Ant., 2 At. Zink	0,05657	735,6	41,61	0,05479
Eintheilung B.				
1 At. Blei, 2 At. Zinn 1 At. Wism.	0,04476	1023,9	45,83	0,04012
1 At. Blei, 2 At. Zinn 2 At. Wism.	0,06082	1085,2	66,00	0,03785
1 At Quecksil., 1 At. Zinn	0,07294	1000,5	72,97	0,04172
1 At. Quecksil., 2 At. Zinn	0,06591	912,1	60,12	0,04563
1 At. Quecksil., 1 At. Blei	0,03827	1280,1	48,99	0,03234
Zweite Abtheilung.				
A. Oxyde RO.				
Bleioxyd als Pulver	0,05118	1394,5	71,34	
„ geschmolzen	0,05089	1394,5	70,94	

Namen der Stoffe.	Mittlere specifische Wärme	Angenommene Atomgewichte.	Produkte der specifischen Wärmen mit den Atomgewichten.
Quecksilberoxyd	0,05179	1365,8	70,74
Manganoxydul	0,15701	445,9	70,01
Kupferoxyd	0,14201	495,7	70,39
Nickeloxyd	0,16234	469,6	76,21
Calcinirtes Nickeloxyd	0,15885	469,6	74,60
		Mittel	72,03
Magnesia	0,24394	258,4	63,03
Zinkoxyd	0,12480	503,2	62,77
B. Oxyde R^2O^3.			
Eisenoxyd	0,16695	978,4	163,35
Wenig calc. Colcothar	0,17569	978,4	171,90
Zweimal calc. Colcothar	0,17167	678,4	168,00
Stark calc. "	0,16921	"	"
Zweim. stark calc. "	0,16814	978,4	164,44
Arsenige-Säure	0,12786	1240,1	158,56
Chromoxyd	0,17960	1003,6	180,01
Wismuthoxyd	0,06053	2960,7	179,22
Antimonoxyd	0,09009	1912,9	172,34
		Mittel	169,73
Thonerde (Korund)	0,19762	642,4	126,87
" Saphir	0,21732	642,4	139,61
C. Oxyde RO^2.			
Zinnsäure	0,09326	935,3	87,23
Titansäure (künstliche)	0,17164	503,7	86,45
Titansäure (natürliche)	0,17032	503,7	85,79
		Mittel	86,49
Antimonige-Säure	0,09535	1006,5	95,92
D. Oxyde RO^3.			
Wolframsäure	0,07983	1483,2	118,38
Molybdänsäure	0,13240	898,5	118,96
Kieselsäure	0,19132	577,5	110,48
Borsäure	0,23743	436,0	103,52
E. Complicirte Oxyde.			
Magnetisches Eisenoxyd	0,16780	1417,6	237,87

Namen der Stoffe.	Mittlere specifische Wärme.	Angenommene Atomgewichte.	Produkte der specifischen Wärmen mit den Atomgewichten.
Dritte Abtheilung. — Sulfüre.			
A. Sulfüre RS.			
Schwefeleisen	0,13570	540,4	73,33
Schwefelnickel	0,12813	570,8	73,15
Schwefelkobalt	0,12512	570,0	71,34
Schwefelzink	0,12303	601,4	74,35
Schwefelblei	0,05086	1495,6	76,00
Schwefelquecksilber	0,05117	1467,0	75,06
Schwefelzinn	0,08365	936,5	87,34
B. Sulfüre R^2S^3.		Mittel	74,51
Schwefel-Antimon	0,08403	2216,4	186,21
Schwefelwismuth	0,06002	3264,2	195,90
C. Sulfüre RS^2.		Mittel	191,06
Zweifach Schwefeleisen (Pyrit)	0,13009	741,6	96,45
Zweifach Schwefelzinn	0,11932	1137,7	135,66
Schwefelmolybdän	0,12334	1001,0	123,46
D. Sulfüre R^2S.		Mittel	129,56
Schwefelkupfer	0,12118	992,0	120 21
Schwefelsilber	0,07460	1553,0	115,86
E. Complicirte Sulfüre.			
Magnetischer Pyrit	0,16023	?	
Vierte Abtheilung. — Chlorüre, Bromüre, Jodüre, Fluorüre.			
A. Chlorüre R^2Cl^2.			
Chlornatrium	0,21401	733,5	156,97
Chlorkalium	0,17295	932,5	161,19
Chlorquecksilber	0,05205	2974,2	154,80
Chlorkupfer	0,13827	1234,0	156,83
Chlorsilber	0,09109	1794,2	163,42
B Chlorüre RCl^2.		Mittel	158,64
Chlorbarium	0,08957	1299,5	116,44
Chlorstrontium	0,11990	989,9	118,70

Namen der Stoffe.	Mittlere specifische Wärme.	Angenommene Atomgewichte.	Produkte der specifischen Wärme mit den Atomgewichten.
Chlorcalcium	0,16420	698,6	114,72
Chlormagnesium	0,19460	601,0	118,54
Chlorblei	0,06641	1737,1	115,35
Chlorquecksilber	0,06889	1708,4	117,68
Chlorzink	0,13618	845,8	115,21
Chlorzinn	0,10161	1177,9	119,59
		Mittel	117,03
Chlormangan	0,14255	788,5	112,54
C. Flüchtige Chloride RCl^4.			
Zinnchlorid	0,14759	1620,5	239,18
Titanchlorid	0,19145	1188,9	227,63
		Mittel	233,40
Chlorarsenik	0,17604	2267,8	399,26
Chlorphosphor	0,20922	1720,1	359,86
		Mittel	379,51
A′ Bromüre R^2Br^2.			
Bromkalium	0,11322	1468,2	166,21
Bromsilber	0,07391	2330,0	173,31
		Mittel	169,76
Bromnatrium	0,13842	1269,2	175,65
B′ Bromüre RBr^2.			
Bromblei	0,05326	2272,8	121,00
A″ Jodüre R^2J^2.			
Jodkalium	0,08191	2068,2	169,38
Jodnatrium	0,08684	1869,2	162,30
Jodquecksilber	0,03949	4109,3	162,34
Jodsilber	0,06159	2929,9	180,45
Jodkupfer	0,06869	2369,7	162,81
B″ Jodüre RJ^2		Mittel	167,45
Jodblei	0,04267	2872,8	122,54
Jodquecksilber	0,04197	2444,1	119,36
B‴ Fluorüre RFl^3		Mittel	120,95
Fluorcalcium	0,21456	〃	〃
Calcinirtes Fluorcalcium	0,21492	489,8	105,31

Namen der Stoffe.	Mittlere specifische Wärme.	Angenommene Atomgewichte.	Produkte der specifischen Wärme mit den Atomgewichten.
Fünfte Abtheilung. — Salze.			
A. Nitrate $N^2O^5+R^2O$			
Kalinitrat	0,23875	1266,9	302,49
Natronnitrat	0,27821	1067,9	297,13
Silbernitrat	0,14352	2128,6	305,55
Nitrate N^2O^5+RO.		Mittel	301,72
Barytnitrat	0,15228	1633,9	248,83
B. Chlorate $Cl^2O^5+R^2O$.			
Kalichlorat.	0,20956	1532,4	321,04
C. Phosphate $P^2O^5+2R^2O$. Pyrophosphate.			
Kaliphospat	0,19102	2072,1	395,79
Natronphosphat.	0,22833	1674,1	382,22
Phosphate P^2O^5+2RO.		Mittel	389,01
Bleiphosphat,	0,08208	3681,3	302,14
Metaphosphat P^2O^5+RO.			
Kalkmetaphosphat.	0,19923	1248,3	248,64
Phosphate P^2O^5+3RO.			
Bleiphosphat.	0,07982	4985,8	397,96
D. Arseniate $Ar^2O^5+R^2O$.			
Kaliarseniat	0,15631	"	"
Bleiarseniat, Ar^2O^4+3PbO.	0,07280	5623,5	409,37
E. Sulfate SO^3+R^2O			
Kalisulfat,	0,19010	1091,1	207,40
Natronsulfat	0,23115	892,1	206,21
Sulfate SO^3+RO.		Mittel	206,80
Barytsulfat	0,11285	1458,1	164,54
Strontiansulfat	0,14279	1148,5	164,01
Bleisulfat	0,08723	1895,7	165,39
Kalksulfat	0,19656	857,2	168,49
Magnesiasulfat	0,22159	759,5	168,30
		Mittel	166,15

Namen der Stoffe.	Mittlere specifische Wärme.	Angenommene Atomgewichte.	Produkte der specifischen Wärmen mit den Atomgewichten.
F. Chromate.			
Kalichromat	0,18505	1241,7	229,83
Kalibichromat	0,18937	1893,5	358,67
G. Borate $B^2O^6+R^2O$.			
Kaliborat	0,21975	1461,9	321,27
Natronborat	0,23823	1262,9	300,88
		Mittel	311,07
Borate B^2O^6+RO.			
Bleiborat	0,11409	2266,5	258,60
Kaliborat	0,20478	1025,9	219,52
Natronborat	0,25709	826,9	212,60
		Mittel	216,06
Borate BO^6+2RO.			
Bleiborat	0,09046	1830,5	165,54
H. Wolframate.			
Wolfram	0,09780	"	"
I. Silicate.			
Zirkon.	0,14558	"	"
K. Carbonate CO^2+R^2O.			
Kalicarbonat	0,21623	865,0	187,04
Natroncarbonat	0,27275	865,0	181,65
		Mittel	184,35
Carbonate CO^2+RO.			
Kalkcarbonat, isländ. Spath	0,20858	631,0	131,61
Arragonit	0,20850	631,0	131,56
Weißer Marmor	0,21585	631,0	136,20
Grauer Marmor	0,20989	631,0	132,45
Weiße Kreide	0,21485	631,0	135,57
Barycarbonat	0,11038	1231,9	135,99
Strontiancarbonat	0,14483	922,3	133,58
Eisencarbonat	0,19345	714,2	138,16
		Mittel	134,40
Bleicarbonat	0,08596	1969,5	143,55
Dolomit.	0,21743	582,2	126,59

Um die Darstellung dieser Resultate zu erleichtern, zerfällt diese Tabelle in 5 Abschnitte. Die erste enthält Metalllegirungen, welche in zwei Reihen A und B eingetheilt wurden. Der Abschnitt A besteht aus Legirungen, deren Schmelzpunkt weit über 110° ist; bei allen diesen Legirungen ist das Produkt aus der specifischen Wärme in das mittlere Atomgewicht merklich constant. Die Gränzen verändern sich zwischen 40,76 und 42,05. Es sind beinahe dieselben, zwischen welchen sich die specifischen Wärmen der einfachen Metalle befinden, welche Legirungen bilden; man kann demnach sagen, daß in diesem Falle die specifische Wärme dieser letztern genau das Mittel der specifischen Wärmen der Metalle ist, welche sie bilden.

Der Abschnitt B enthält die Legirungen, welche bei 100° schmelzen oder einige Grade darüber, und bei welchen das Gesetz große Verschiedenheiten zeigt, welche Regnault zwei Ursachen zuschrieb: 1) diese Legirungen sind ihrem Schmelzpunkte an der obern Temperaturgränze sehr nahe gebracht, von welcher man ausgeht und die specifische Wärme annimmt; folglich ist die gefundene Wärmecapacität in ihrem Maximum; 2) diese Legirungen werden weich oder trennen sich fast völlig, indem sie sich dieser Temperatur nähern; sie enthalten daher beinahe schon die ganze latente Wärme, welche ihnen nöthig ist, um den Uebergang von dem festen Zustande in den flüssigen zu bewerkstelligen. Man bemerkt in der That bei Legirungen, welche am weichsten bei 100° werden, daß man die größten Zahlen in den Produkten der specifischen Wärmen mit den Atomgewichten antrifft. Aus demselben Grunde findet man in dem Abschnitte B weit größere Wärmecapacitäten, als diejenigen, welche dem Gesetze genügen, das die specifischen Wärmen der Legirungen der ersten Sektion leitet; es ist wahrscheinlich, daß die Divergenzen minder groß sein würden, wenn man ihre specifische Wärme zwischen

0 Gr. und 50 Gr. bestimmte. Gehen wir zu den Oxyden über.

In dem Abschnitte A befinden sich die Oxyde mit einem Atom Sauerstoff, die Oxyde von Blei, Quecksilber, Mangan, Kupfer, Nickel, deren specifische Wärmen im umgekehrten Verhältnisse zu ihrem Atomgewichte stehen, weil die Produkte aus der specifischen Wärme und dem Atomgewicht ziemlich gleich sind. Es ist zu bemerken, daß die Oxyde von Magnesium und von Zink, die isomorph sind, für ihre Atomwärme beinahe unter sich gleiche Zahlen haben, welche aber von denjenigen sehr verschieden sind, welche für die ersten Oxyde von der nämlichen Formel gefunden wurden, weil die Produkte 63 und 72 sind.

Der Abschnitt B enthält die Oxyde von der Formel R^2O^3, unter welchen es einige gibt, deren Atomwärme weit schwächer ist, z. B. die Thonerde, als Korund und Saphir. Was die andern anbetrifft, so verändert sich ihre specifische Wärme in dem Verhältnisse von 8 : 9. Diese Differenz ist von derselben Ordnung, wie diejenige, welche bei den einfachen Körpern gefunden wurde. Wenn man die Thonerde ausnimmt, so wendet man das Gesetz für die Oxyde RO auf die Oxyde R^2O^3 an. Man findet ferner in diesem Abschnitte, wie in dem vorhergehenden, zwei isomorphe Oxyde, die Zinn- und Titansäure, deren specifische Wärmen vollkommen gleich sind.

Der Abschnitt D enthält die Oxyde, von denen man annimmt, daß sie 3 Atome Sauerstoff enthalten, und unter denen zwei vorkommen, welche isomorph zu sein scheinen und welche dieselbe specifische Wärme haben, die Wolfram- und Molybdänsäure.

Man sieht demnach, daß die Metalloxyde von derselben Formel nicht streng specifische Wärme im verkehrten Verhältnisse zum Atomgewichte besitzen. Man wendet aber dieses Gesetz in den Gränzen an, wo es sich für die einfachen Körper

bestätigt. Die Magnesia und das Zinkoxyd einerseits, die Thonerde als Korund auf der andern Seite machen eine Ausnahme; um sie zu erklären, muß man von dem Grundsatze ausgehen, daß die specifische Wärme eines Körpers sich mit seinem Aggregationszustande ändert und in dem Verhältnisse abnimmt, als die Aggregation zunimmt, z. B. das Colkotar, der Kohlenstoff und der Schwefel.

Für die Sulfüre, deren Formel RS ist, verändert sich die specifische Wärme von 73 bis zu 78, indem man jedoch den Schwefelkobalt ausnimmt, welcher einen zu schwachen Werth von 71,4 liefert. Das Gesetz, welchem die specifische Wärme der Sulfüre unterworfen ist, ist das nämliche, wie dasjenige, welches die Oxyde leitet. Was die Sulfüre R^2S^3 von Antimon und Wismuth anbetrifft, so sind die Produkte der Wärmekapacitäten in die Atomgewichte gleich 186 und 196, Größen, welche um zehn verschieden sind. Die Sulfüre RS^2 geben Atomwärmen, welche beinahe auf ein Zehntel gleich sind.

In dem Abschnitte D befinden sich die Sulfüre von Kupfer und Silber, die isomorph sind. Daher ist auch ihre specifische Wärme ebenfalls die nämliche. Der vierte Abschnitt zeigt uns, daß das angegebene Gesetz bei den Chlorüren, Bromüren und Jodüren von derselben Formel immer in denselben Näherungsgränzen angewandt wird.

Der fünfte Abschnitt umfaßt die Nitrate, Sulfate, Borate, Carbonate; das Gesetz der specifischen Wärme dieser Salze ist das nämliche, wie für die Oxyde, Bromüre, Sulfüre u. s. w., d. h. in allen Salzen, welche von Metalloxyden und Sauerstoffsäuren gebildet werden, wenn sie dasselbe negative Element enthalten und von ähnlicher atomischer Constitution sind, stehen die specifischen Wärmen im umgekehrten Verhältnisse zu den Atomgewichten; das Kalkcarbonat macht die einzige Ausnahme. Der islän-

dische Spath und der Arragonit haben beinahe dieselben specifischen Wärmen; es verhält sich jedoch nicht so bei den andern Varietäten vom Kalkcarbonat. Der isländische Spath hat als specifische Wärme 0,20858, der Arragonit 0,20858, die Kreide 0,21485, eine stärkere Zahl, als die vorhergehenden. Ein weißer, Zucker ähnlicher Marmor gab 0,21585; die Art der Aggregation ist hier die Ursache der beobachteten Verschiedenheiten.

Wenn man die Chlorüre mit den Bromüren, Jodüren, die Nitrate mit den Chloraten von derselben chemischen Zusammensetzung vergleicht, so findet man 71,9 für die specifische Atomwärme der Oxyde RO; 74,5 für die der Sulfüre RS; die Differenz zwischen diesen beiden Zahlen ist wenig beträchtlich. Die Oxyde R^2O^3 haben 169,7 gegeben und die Sulfüre von derselben Formel 191. Die Differenz ist größer, aber sie erhebt sich nicht über ein Neuntel, sie ist nicht so groß, wenn man nur die Oxyde betrachtet, wovon man die entsprechenden Sulfüre hat; auf diese Weise hat man für

das Antimonoxyd	. . .	172,4
das Wismuthoxyd	. . .	179,9
das Schwefelantimon	. .	186,2
das Schwefelwismuth	. .	195,9

Das Produkt des Atomgewichts jedes Sulfürs mit der entsprechenden Wärmecapacität ist immer größer als dasjenige, welches man von den entsprechenden Oxyden erhält; während bei den Chlorüren, Bromüren, Jodüren, die Differenz unbedeutend ist; man wird deßwegen auf das folgende Gesetz geführt: In den zusammengesetzten Körpern von derselben atomischen Zusammensetzung und ähnlicher chemischer Constitution, stehen die specifischen Wärmen im umgekehrten Verhältnisse mit dem Atomgewichte. Dieses Gesetz bestätigt sich noch nicht auf eine allgemeine Weise, und dies darum, weil die Wärmecapacität eines Körpers aus

der eigentlichen specifischen Wärme und aus der Wärme besteht, welche er als latente Wärme absorbirt, wenn sein Volumen zunimmt; obgleich das Resultat, welches der Versuch gibt, complizirt ist, da die erste beträchtlicher ist, als die zweite, so verhindert dies nicht, das allgemeine Gesetz wahrzunehmen. Wir haben noch eine andere Beobachtung anzustellen. Da die Capacitäten zwischen denselben Temperaturgränzen bestimmt wurden, Gränzen, welche für jede Substanz auf der thermometrischen Scale sehr verschiedene Lagen einnehmen, so sind diese Capacitäten unter sich nicht strenge vergleichbar; wenn man die Vergleichung hätte begründen wollen, so müßte man sie bei Temperaturen nehmen, bei welchen diese Körper in ihren physischen und chemischen Eigenschaften die größte Analogie zeigen; es ist wahrscheinlich, daß in diesem Falle die Differenzen ziemlich schwach gewesen sein würden, damit das Gesetz von Dulong und Petit sich bestätigte.

Indem wir damit schließen, geben wir die Resultate, welche von Regnault bei demselben Körper erhalten wurden, er nahm den Kohlenstoff in verschiedenen Zuständen, um zu zeigen, wie die specifische Wärme sich mit seinem Aggregationszustand ändert.

Beinschwarz	0,26085
Holzkohle	0,24150
Coke von Cannelcoal	0,20307
Coke von der Steinkohle	0,20171
Kohle des Anthracits aus Wales	0,20085
Kohle des Anthracits von Philadelphia .	0,20100
Natürlicher Graphit	0,20187
Graphit aus den Hochöfen	0,19702
Graphit aus den Retorten	0,20360
Diamant	0,14687

Das Beinschwarz und die Holzkohle besitzen, wie man sieht, die stärkste specifische Wärme, und der Diamant die schwächste. Der Kohlenstoff genügt demnach

dem allgemeinen Gesetze nicht, welches die specifischen Wärmen an die Atomgewichte knüpft.

Bis jetzt hat man nur die specifische Wärme von einer geringen Anzahl organischer Substanzen bestimmt, indessen ist es einer von den Ausgangspunkten, um zu wissen, auf welche Weise sich die Wärme in den Lebensphänomenen erzeugt. Man findet in der nachstehenden Tabelle, die Bestimmungen, welche sich auf einige Substanzen beziehen, die in den organischen Körpern gefunden werden, oder welche von ihrer Zersetzung herrühren.

Namen der Substanzen.	Capacitäten.	Experimentatoren.
Jod	0,089	Avogrado.
Kohlenstoff . .	0,250	derselbe
Olivenöl . . .	0,309	Pavois u. Laplace
Terpentingeist (0,87)	0,472	Despretz
Schwefeläther (0,71)	0,520	derselbe
Alkohol (0,79) . .	0,622	derselbe
Verschiedene Holzarten von	0,500 bis 0,650	Mayer

Von der specifischen Wärme der Gase.

Da die Gase von schwachen Temperaturverschiedenheiten in ihrem Volumen große Veränderungen erleiden, so haben die Physiker ihre Wärmecapacitäten aus zwei verschiedenen Gesichtspunkten erforschen müssen: 1) indem man den Druck als constant betrachtete, und den Gasen die Fähigkeit, sich auszudehnen, ließ; 2) indem man das Volumen constant erhielt und die elastische Kraft des Gases zunahm.

Die Untersuchungen über die Bestimmung der Wärmecapacitäten der Gase zeigen Schwierigkeiten, und verlangen daher große Vorkehrungen, denn da diese Capacitäten sehr schwach sind, so müssen die geringsten Fehler in den Versuchen die Folgerungen, die man daraus ableitet, bedeutend unrichtig machen.

Unter den Physikern, welche sich mit dieser Aufgabe beschäftigten, sind Laroche und Berard die ersten, welche ziemlich sorgfältig experimentirten, um ihren Versuchen Vertrauen einzuflößen. Ihre Denkschrift wurde von der Akademie der Wissenschaften im Jahr 1812 gekrönt. Sie haben mit der Methode der Abkühlung auf folgende Weise operirt:

Ein mit Wasser angefülltes Gefäß, das einen Serpentin enthielt, nahm nach und nach verschiedene Gase bei derselben Temperatur und unter demselben Drucke, welche auch mit derselben Geschwindigkeit ankamen, auf. Das Wasser, welches sich auf einer niedereren Temperatur befand als das Gas, wurde soweit erwärmt, daß der Verlust, welchen es durch das Strahlen in die Luft erlitt, durch die Wärme, welche es von dem Gase erhielt, compensirt wurde. Nach diesen aufeinanderfolgenden Abänderungen, gab es einen Augenblick, wo die Temperatur constant war. In diesem Augenblick war der Temperaturüberschuß des liquiden Körpers über den der Luft der Wärmecapacität des Gases proportional, indem man jedesmal annahm, daß die Temperatur des Gases und die der Luft nur um einige Grade verschieden seien. Es seien c und c' die Wärmecapacitäten der beiden Gase; v, v' ihre Volumina, welche während der Zeiteinheit ausströmen; T und T' die eigenthümlichen Temperaturen, ϑ und ϑ' die stationären Temperaturen, t und t' die Temperaturen der Luft; man sieht ein, daß die Wärmemengen, welche in derselben Zeit, wie die stationären Temperaturen verloren werden, nach dem Newton'schen Gesetze den Differenzen $(\vartheta - t)$, $(\vartheta' - t')$ proportional sein werden, d. h. man hat

$$\frac{v'c' \; (T' - \vartheta')}{vc \; (T - \vartheta)} = \frac{\vartheta' - t'}{\vartheta - t}$$

Wenn man nun die anfängliliche Temperatur gleich annimmt, so hat man $T' = T$, woraus

$$\frac{v'c' \; (T' - \vartheta')}{vc \; (T - \vartheta)} = \frac{\vartheta' - t'}{\vartheta - t}$$

eine Gleichung, aus welcher man das Verhältniß $\frac{c'}{c}$ ziehen kann.

Diese Methode kann nur dazu dienen, die Wärmecapacität eines Gases als Funktion von der eines anderen zu bestimmen, da es jedoch nothwendig ist, sie auf die des Wassers oder eines anderen Körpers zu beziehen, so haben Laroche und Berard zwei Methoden angewandt, um die specifische Wärme des Wassers und eines Gases vergleichungsweise zu berechnen.

Die erste bestand darin, daß man einen Strom warmen Wassers in die Schlangenröhre gehen ließ, um auf diese Weise dieselben Erscheinungen wie bei einem Gase hervorzubringen; die zweite darin, durch den Kalkül die Wärmemenge zu bestimmen, welche durch den Calorimeter verloren ging. Wenn die Temperatur stationär ist, so ist der Kalkül sehr einfach.

Sei M die Wassermasse und die des Calorimeters, welche in Wasser verwandelt wurde, V die Abkühlungsgeschwindigkeit; die verlorene Wärmemenge werde durch MV bezeichnet.

Da nun die Temperaturüberschüsse wenig beträchtlich sind, so kann man das Newton'sche Gesetz annehmen; man hat nun

$$V = mA, \; m = \frac{1}{t} \text{ log. hyp. } \frac{A}{B}$$

$$\text{woraus } V = A \frac{1}{t} \text{ log. hyp. } \frac{A}{B}$$

A ist der stationäre Temperaturüberschuß über den des umgebenden Mittels, B die Differenz zwischen der Temperatur des Calorimeters, welcher eine

Zeitlang t abgekühlt wurde und der des umgebenden Mittels.

Der Calorimeter verliert in der Minute — $MA \frac{1}{t} \log. hyp. \frac{A}{B}$. Wenn ein Volumen N von permanenten Gase eingeht und wenn T und T′ die Temperaturen beim Ein- und Ausgange des Gases sind, so hat man

$$Nc(T - T') = MA \frac{1}{t} \log. hyp. \frac{A}{B},$$

aus diesem Ausdrucke kann man den Werth von c erhalten.

Diese beiden Physiker haben als Temperatur des Gases bei seinem Eingange in den Calorimeter das Mittel zwischen der Temperatur des Dampfes und derjenigen, die ein Thermometer, der im Gasstrome angebracht war, angab, angenommen. Die Resultate wurden auf den Druck von $0^m,76$ bezogen. Da die Differenz zwischen der stationären Temperatur des Calorimeters und der der umgebenden Luft weniger $2^o,5$, welches die Wirkung der Röhre ist, die zum Erhitzen des Gases diente, für

die Luft	von	$15^o,734$
den Wasserstoff	„	14 ,214
die Kohlensäure	„	19 ,800
den Sauerstoff	„	15 ,365
das Stickoxydgas	„	21 ,246
das zweifach Kohlenwasserstoffgas	„	24 ,435
das Kohlenoxydgas	„	16 ,270

so erhielt man als Wärmecapacität dieser Gase bei gleichem Volumen und Gewicht, die in der folgenden Tabelle angegebenen Resultate.

Wärmecapacität verschiedener Gase unter demselben Drucke.

Namen der Gase.	Wärmecapacität der atmosphärischen Luft als Einheit genommen		Die Wärmecapacität des Wassers als Einheit angenommen.
	bei gleichem Volumen	bei gleichem Gewichte	
Atmosphär. Luft	1,0000	1,0000	0,2669
Wasserstoff .	0,9033	12,3401	0,2936
Kohlensäure .	1,2583	0,8280	0,2210
Sauerstoff .	0,9765	0,8848	0,2361
Stickstoff . .	1,0000	1,0318	0,2754
Stickstoffoxydgas	1,3503	0,8878	0,2369
Oelbildendes Gas	1,5530	1,5763	0,4207
Kohlenoxydgas	1,0340	1,0805	0,2884
Wasserdampf .	1,9600	3,1360	0,8470

Indem man mit einer genaueren Methode als der vorhergehenden operirt, so zeigen die erhaltenen Resultate mit den vorhergehenden wenig Verschiedenheiten.

Bei der Durchsicht dieser Tabelle erkennt man, daß das Gesetz von Dulong und Petit, das sich auf die specifische Wärme der einfachen festen Körper bezieht, ebenfalls bei den einfachen Gasen, d. h. daß die Atome dieser letzteren angewandt werden könne, dieselbe Wärmecapacität haben; denn es ist leicht zu ersehen, daß die Wärmecapacitäten der einfachen Gase bei constantem Drucke und gleichem Volumen dieselben sind, wie der Wasserstoff, der Sauerstoff und der Stickstoff Beweise davon liefern. Indem man nun annimmt, daß alle Gase unter denselben Bedingungen des Drucks und der Temperatur, unter dem nämlichen Volumen dieselbe Anzahl Atome enthalten, so leitet man daraus das erwähnte Gesetz ab.

Gehen wir jetzt zur Wärmecapacität der Gase unter constanten Volumen über; eine Frage, welche schon mehrere Physiker und besonders Dulong, Delarive

und Marcet beschäftigten; diese letzteren wandten die Abkühlungsmethode an, welche in dem wirklichen Falle nicht vor jedem Einwurfe schützt. Da die Wärme, welche von einem und demselben Volumen Gas, das in die nämliche Hülle, unter dem nämlichen Drucke eine gewisse Zeitlang eingeschlossen war, absorbirt oder ausgeschieden wurde, nur ein sehr kleiner Bruch von derjenigen ist, welche von dem Gefäße verloren oder absorbirt wurde, so müssen daraus Bewegungen in der Masse des Gases von dem Innern zu den Wänden oder von den Wänden nach dem Innern entstehen, welche eine Störung in den Resultaten hervorbringen. Wegen dieser Schwierigkeit, welcher schwer zu begegnen ist, sieht man die Aufgabe der direkten Bestimmung der Wärme-Capacität bei constantem Volumen als sehr schwer zu lösen an; man kann jedoch auf indirekte Weise durch Rechnung dazu gelangen, wenn die Capacitäten bei constantem Drucke bekannt sind. Es wurde zu diesem Zwecke von Dulong eine Methode angewandt; sie beruht auf der Geschwindigkeit des Schalls in den Gasen. Wir wollen eine Idee davon zu geben versuchen. Man wurde durch den Kalkül dahin gebracht, anzunehmen, daß die Geschwindigkeit des Schalls in der Luft gleich ist der theoretischen Geschwindigkeit, multiplicirt mit der Quadratwurzel aus dem Verhältnisse der Capacität der Luft beim constanten Drucke zu der Capacität bei constantem Volumen, und daß es sich ebenso für die andern Gase verhalte. Es folgt daraus, daß, um das Verhältniß zweier Capacitäten eines Gases zu bestimmen, man die Geschwindigkeit des Schalls in diesem Gase suchen müsse. Zu diesem Ende ist es hinreichend, verschiedene Gase in der nämlichen Röhre bei derselben Geschwindigkeit und demselben Drucke ertönen zu lassen, und mit einer Syrene die erzeugten Töne zu bestimmen. Da die Töne bekannt sind, so leitet man daraus die Geschwindigkeiten ab: bezeichnet man durch

a die Geschwindigkeit eines Tones in dem Gase, durch k das Verhältniß der Wärmecapacitäten bei constantem Drucke und Volumina, durch g den doppelten Raum, welcher von einem Körper in der ersten Sekunde des Falles durchlaufen wird, durch h die Höhe der Quecksilbersäule, welche dem Drucke des Gases das Gleichgewicht hält, durch Δ die Dichtheit des Quecksilbers, D die des Gases, t seine Temperatur und α den Ausdehnungscoefficienten des Gases oder $\frac{1}{267}$, ein Werth, welcher von Gay-Lussac berechnet wurde, so hat man die Formel des Laplace:

$$a = \sqrt{gh\frac{\Delta}{D}(1 + \alpha t)\, k}.$$

Die wirklichen und theoretischen Geschwindigkeiten sind durch die Formeln

$$a = 333\sqrt{(1+t.0{,}00375)} \text{ und } a = 279{,}331\sqrt{1+t.000{,}375}\sqrt{\frac{c}{c'}}$$

gegeben, woraus man $\frac{c}{c'} = 1{,}42$

erhält.

Für ein beliebiges Gas hat man, wenn man $d = \frac{D}{\Delta}$ setzt,

$$a = \sqrt{\frac{gh\,(1+t.\,0{,}00375)}{d}}\sqrt{\frac{c}{c'}} \text{ oder } \frac{c}{c'} = \frac{a^2 d}{gh\,(1+t.\,0{,}00375)}$$

Wir führen die Resultate an, welche durch diese Methode für verschiedene Gase erhalten wurden.

Namen der Gase.	Geschwindigkeit des Schalls bei bei 0° nach der Newton'schen Formel.	Wirkliche Geschwindigkeit d. Schalls bei 0°.	Verhältniß der Warmecapacitäten des Gases bei constantem Druck und Volumen.	Specifische Wärme bei constantem Volumen; die der Luft wurde zur Einheit angenommen.
Atmosphärische Luft	279,29	333,00	1,421	1,000
Sauerstoffgas .	266,00	317,17	1,415	1,000
Wasserstoffgas .	1064,80	1269,50	1,407	1,000
Kohlensäure .	226,24	261,60	1,338	1,249
Kohlenoxydgas .	283,00	337,40	1,427	1,000
Stickstoffoxydgas	226,00	261,90	1,343	1,227
Oelbildendes Gas	281,00	314,00	1,240	1,754

Die in dieser Tabelle angegebenen Resultate zeigen uns, daß die Wärmecapacitäten der einfachen Gase bei constanten Volumina gleich sind, ebenso wie die der einfachen Gase bei constantem Drucke. Man kann ferner wahrnehmen, wie leicht es ist, einzusehen, daß die angegebenen Zahlen in der vierten Colonne größer als die Einheit sind; die nöthige Wärmemenge um dieselbe Erhöhung der Temperatur mit Ausdehnung zu erzeugen, ist in der That größer als die, welche man anwenden muß, um zu derselben Temperatur zu gelangen, wenn das Volumen sich nicht ändert.

Avogrado stellte ebenfalls Versuche über die Wärmecapacität der zusammengesetzten Gase an, in der Absicht, zu erfahren, bis zu welchem Punkte sie ähnlichen Gesetzen wie die, welche die Wärmecapacitäten der einfachen Gase leiten, unterworfen sind; dieser Physiker glaubte aus seinen Versuchen folgendes Gesetz ableiten zu müssen:

„Die specifische Wärme der zusammengesetzten Gase wird bei gleichem Volumen durch die Quadratwurzel

der ganzen oder der Bruchzahl des Volumens der einfachen Gase dargestellt, welche zur Bildung eines Volumens vom zusammengesetzten Gase beitragen, indem man zur Einheit der specifischen Wärme die von einem Volumen eines der einfachen Gase nimmt.“ Dieses Gesetz kann auf eine andere Weise dargelegt werden, indem man das Entsprechende zwischen den Volumina der gasförmigen Körper unter demselben Druck und derselben Temperatur annimmt.“

„Die specifische Wärme eines Atoms des zusammengesetzten Gases wird dargestellt durch die Quadratwurzel der ganzen Zahl oder des Bruches der einfachen, gasartigen Atome, welche zur Bildung beitragen.“

Die Entwicklungen, in welche wir uns in Beziehung auf die specifische Wärme der Körper eingelassen haben, gehören in den Bereich der allgemeinen Physik; da jedoch die erhaltenen Resultate ebenfalls die Chemie interessiren, so haben wir sie mittheilen müssen, da sie alle ein Beweis von der Wichtigkeit des Studiums der specifischen Wärmen bei den Molekularerscheinungen sind. Wir führen hier als Stützpunkt folgende Thatsachen an: die elektrochemischen Zersetzungen gehen in bestimmten Verhältnissen vor sich; d. h. die nämliche Menge von Elektricität zersetzt oder setzt vielmehr gleiche Atommengen von verschiedenen Substanzen in Freiheit, so daß, wenn man der Wirkung eines Stromes Blei-Kupfer-Zinn-Salze unterwirft, derselbe Strom gleiche Atommengen von Blei, Kupfer ꝛc. in Freiheit setzen wird; aus diesem folgt die Wahrheit, daß die Atome mit gleichen Elektricitätsmengen vereinigt sind; da man nun fand, daß die Wärmecapacitäten der Atome gleich zu sein scheinen, wenn man sie bei demselben Punkte ihrer Thermometerscale nimmt, d. h. bei den Punkten, wo ihre physischen Eigenschaften große Aehnlichkeiten haben, so folgt daraus, daß die Wärmecapacität der Elementarpar-

tikelchen der Körper sich nach demselben Gesetze richten, wie das ihrer elektrischen Capacität. Diese Zusammenstellung muß wegen der zahlreichen Verhältnisse, welche zwischen der Wärme und der Elektricität bestehen, berücksichtigt werden, Verhältnisse, die dahin streben, beide von einem einzigen Principe abhängig zu machen.

Wenn aber das Studium der specifischen Wärme der Körper einen Theil der Chemie ausmachen muß, so hat er für den Theil der Naturwissenschaften kein geringeres Interesse, welches sich mit der Erzeugung der Wärme bei den Lebenserscheinungen beschäftigt, eine Erzeugung, welche von der Wärmecapacität der Körper, die zu dieser Erscheinung beitragen, abhängt. Diese Frage hat unglücklicherweise noch wenig die Aufmerksamkeit der Physiologen auf sich gezogen; wir werden die Wichtigkeit derselben einsehen, wenn wir von der Wärme in den organischen Körpern sprechen werden.

Von dem Messen der Temperaturen.

Man hat oft nöthig, in den Körpern die Wärmemengen zu bestimmen, welche sie im Laufe eines Versuchs oder einer Beobachtung gewonnen oder verloren haben, weil die physischen Eigenschaften dieser Körper alsdann solche Veränderungen erleiden, welche es unmöglich machen, die Gesetze, welchen die Phänomene unterworfen sind, zu erkennen. Diese Bestimmung bildet das Messen der Temperaturen, aus welchem man in der Physik ein besonderes Studium macht. Die Instrumente welche zu diesem Zwecke angewandt werden, sind die Thermometer, die Pyrometer und die Thermoskope, deren Beschreibung und Anwendung man in allen Elementarwerken findet. Es würde daher unnütz sein, sich in dieser Beziehung in irgend ein Detail einzulassen; indessen werden wir die allgemeinen

Principien, worauf ihre Construktion beruht, uns ins Gedächtniß zurückrufen, weil man sie bei der Verfertigung einiger Apparate, deren man in der angewandten Physik bedarf, zu Hülfe ziehen muß; wir werden hierauf kurz das Luftthermometer beschreiben, welches uns dazu dient, sie zu graduiren.

Man mißt die Temperatur eines Körpers vermittelst der Ausdehnung eines anderen Körpers, welcher die Eigenschaft besitzt, daß er sich bei gleichen Wärmemengen, die er erhält oder verliert, auf das nämliche Bruchvolumen zwischen gewissen Temperaturgränzen ausdehnt oder zusammenzieht. Man nimmt gewöhnlich als Vergleichungspunkt oder Grad der Wärme einen bestimmten Bruch der Zunahme an, welchen das Volumen des Körpers annimmt, wenn es von der Temperatur des schmelzenden Eises, die constant ist, zu der des siedenden Wassers, welches ebenfalls bei demselben atmosphärischen Drucke unveränderlich ist, übergeht. Dieser Bruch ist von einem Körper zum anderen verschieden, weil die Körper sich zwischen den nämlichen Gränzen nicht alle um dieselbe Größe ausdehnen.

Man kann als thermometrischen Körper einen festen oder einen liquiden Stoff, oder ein Gas nehmen; die Wahl hängt von der Natur der Versuche und dem Grade der Genauigkeit ab, welche man bei den Resultaten erhalten will. Man weiß nun, daß die Gase sich auf dieselbe Art, unter denselben Umständen ausdehnen, und daß die Wärmecapacität der einfachen Gase bei constantem Druck und Volumen dieselbe ist, man muß also glauben, und der Versuch hat seitdem diese Conjektur bestätigt, daß es besser ist, sich dieser Körper als aller anderen zur Messung der Temperatur, vermittelst der Ausdehnung zu bedienen. Wenn man sich wirklich des Gasthermometers bedient, so zeigen sich die Gesetze der Wärmeerscheinungen auf eine viel einfachere Weise, als wenn man von den Metallthermometern Gebrauch macht. So wie man

von diesem Principe ausgeht, daß von den niedersten bis zu den höchsten Temperaturen gleiche Volumveränderungen gleichen Wärmemengen entsprechen, die ihnen mitgetheilt oder genommen wurden.

Nach den Gasen kommen die Metalle, in Beziehung auf den regelmäßigen Gang ihrer Ausdehnung, darunter das Quecksilber. Aber ein Gas oder das Quecksilber, wenn man seine Ausdehnung bestimmen will, muß in irgend ein Gefäß geschlossen werden, welches an denselben Erscheinungen der Ausdehnung und Zusammenziehung Theil nimmt. Wenn dieses Gefäß sich um dieselbe Menge wie das Gas oder der liquide Körper ausdehnt, so scheint sich das Volumen eines jeden von ihnen nicht zu verändern; während es größer als das wirkliche Volumen ist, wenn die Ausdehnung des Gefäßes geringer ist. Man nimmt an, daß die wahrnehmbare Ausdehnung gleich der absoluten Ausdehnung weniger der Ausdehnung des Gefäßes ist, so daß, wenn diese bekannt ist, man die absolute Ausdehnung hat, wenn man zur wahrgenommenen Ausdehnung die des Gefäßes addirt.

Eben so kann man die Ausdehnung des Gefäßes finden, das gewöhnlich von Glas ist, wenn man durch besondere Mittel die absolute Ausdehnung des Gases oder liquiden Körpers bestimmt. Um dahin zu gelangen, operirte Dulong und Petit mit Quecksilber, mit Hülfe eines sehr einfachen Apparates. Es folgt aus den mit der größten Sorgfalt angestellten Versuchen, daß von Null bis 100° die absolute Ausdehnung des Quecksilbers für jeden Grad $1/_{5550}$ seines Volumens bei Null ist, und daß über 100° dieser Volumbruch, welchem man den Namen Ausdehnungscoefficient gegeben hat, zunimmt, wenn man den Gang des Quecksilberthermometers mit dem des Luftthermometers vergleicht. Das Luftthermometer muß wegen der Regelmäßigkeit seines Ganges, welcher jedoch für sehr niedere und sehr hohe Temperaturen noch nicht hat dargethan werden können, als

Maßthermometer betrachtet werden, nicht allein für die gewöhnlichen thermometrischen Apparate, sondern auch für diejenige, deren man sich besonders in der angewandten Physik bedient, von denen hernach gesprochen werden wird. Darum werden wir ausführlich über die Construktion und Anwendung des Luftthermometers sprechen.

Dieses Instrument (Fig. 1 Taf. VII.) besteht aus einer kurzen Haarröhre, die an einem ihrer Ende offen und an dem andern mit einer Kugel versehen ist. Nachdem man das Innere vollkommen ausgetrocknet hat, bringt man eine Quecksilberkugel hinein. Alsdann erhitzt man die Kugel selbst sehr schwach, die Luft, welche sie enthält, dehnt sich aus und die Quecksilberkugel wird fortgetrieben, und wenn man einerseits das Verhältniß zwischen der Capacität der Kugel und der der Röhre und auf der andern Seite die der Blase und den von ihr durchlaufenen Weg kennt, so kann man die Menge bestimmen, um welche die Luft ausgedehnt wurde. Bei der Annahme, daß die Ausdehnungen proportional den übergetragenen Wärmemengen seien, kann man leicht die Temperatur der Wärmequelle berechnen. Die Röhre muß zu diesem Ende in gleiche Theile der Capacität graduirt sein, welche sich auf die des Behälters beziehen. Man hat gefunden, daß allemal wenn die Capacität der Kugel mehr ist, als das Dreifache der Röhre, die Quecksilberkugel bei 100 Grad hinaus-, und im Gegentheil in die Kugel zurückgeht, wenn die Temperatur auf Null ist. Um dieser Unannehmlichkeit auszuweichen, gibt man dem Luftthermometer folgende Anordnung: das Ende des Haarröhrchens wird in ein Gefäß getaucht, welches Quecksilber enthält, das auf eine gewisse Höhe steigt, welche von der Capillarität der Röhre abhängt. Die Quecksilbersäule fällt oder steigt in dem Behälter, je nachdem man die Kugel erhitzt, oder abkühlt. Dieser Apparat hat weniger Empfindlichkeit als der vor-

hergehende; aber er hat nicht die Nachtheile, welche auf die Anwendung einen Einfluß ausüben. Anstatt Quecksilber kann man eine gefärbte Flüssigkeit anwenden. Man kann die physikalischen Lehrbücher über das zu Rathe ziehen, was die Verfertigung dieser Apparate anbetrifft.

Wenn man sich derselben bedienen will, so fängt man damit an, den Index auf den Ursprung der Theilung mit Hülfe eines feinen Platindrahtes zu stellen, und man bemerkt das Volumen, das er im Querschnitt einnimmt, die äußere Temperatur und die Höhe des Barometers, sodann taucht man die Kugel in das Mittel, dessen Temperatur man finden will, und notirt die Veränderung des Volumens. Man hat alsdann alle nöthigen Elemente, um die Temperatur zu erhalten, indem man jedesmal annimmt, daß die Ausdehnung der Luft beständig gleichförmig ist. Bezeichnet man das Volumen des Gases bei Null und bei dem Drucke h durch v, das Volumen bei t Graden unter dem Drucke h′ durch v′ den Ausdehnungscoefficienten des Glases durch k, so ist klar, daß das Volumen v′, welches aus der Veränderung des Druckes und der Ausdehnung des Glases als Ausdruck erhalten wird.

$$v' \, (1 + kt) \frac{h'}{h}$$

und seine Ausdehnung

$$v' \, (1 + kt) \frac{h'}{h} - v$$

Wenn man mit v dividirt, so erhält man die der Volumeinheit entsprechende Ausdehnung bei dem Drucke h und der Temperatur t.

Nach dieser Experimentirungsart fand Gay-Lussac, daß sich alle Gase von 0 bis 100 Grad gleich ausdehnen und daß zwischen diesen beiden Gränzen ihr Ausdehnungscoefficient gleich 0,375 ist.

Nachdem Rudberg diese Frage wieder aufgenommen hatte, fand er, daß dieser Coefficient zwischen 0,364 und 0,365 genommen werden müsse.

Regnault bezeichnete endlich vor kurzer Zeit als Werthe für die Ausdehnungscoefficienten der Luft und verschiedener Gase die folgenden Zahlen:

Atmosphärische Luft	0,3665
Stickstoff	0,36682
Wässerstoff	0,36678
Kohlenoxydgas	0,36667
Kohlensäure	0,36896
Cyan	0,36821
Stickstoffoxydul	0,36763
Schwefelige Säure	0,36696
Salzsaures Gas	0,36812

Diese Resultate zeigen, daß der Ausdehnungscoefficient für die obigen Gase unter denselben Umständen von 0,3665 bis 0,3685 sich verändern und suchen demnach zu beweisen, daß das Gesetz von Gay-Lussac eine leichte Modifikation erleiden müsse. Was den Ausdehnungscoefficienten des Glases anbetrifft, so fand ihn Dulong gleich 0,00254. Regnault stellte auch Versuche an, um ihn auf's Neue zu bestimmen, welche ihn auf die Folgerung geführt haben, daß die Ausdehnung der verschiedenen Glasarten zwischen sehr weiten Gränzen variire, so daß man in die Nothwendigkeit versetzt ist, den Coefficienten jedes Glases, aus dem man Thermometer verfertigt, zu bestimmen. Wir führen einige erhaltene Resultate an:

Weißes Röhrenglas	0,002648
Glas, welches in Kugeln geblasen wurde	0,002592
Grünes Röhrenglas	0,002292
Gewöhnlicher Krystall in Röhren . . .	0,002101

Den ersten Gebrauch, den man mit dem Luftthermometer machte, war der, seinen Gang mit dem des Quecksilbers und den verschiedenen Metallthermometern zu vergleichen.

Temperaturen, welche von einem Quecksilberthermometer, Luftthermometer und verschiedenen Thermometern unter denselben Umständen angegeben wurden.

Quecksilberthermometer.	Luftthermometer, korrigirt nach der Ausdehnung des Glases.	Differenzen.
Grade	Grade	Grade
100 . . .	100 . . .	0
150 . . .	148,70 . .	1,30
200 . . .	197,05 . .	2,95
250 . . .	245,05 . .	4,95
300 . . .	292,70 . .	7,33
360 . . .	350 . . .	10

Temperaturen, welche von verschiedenen Thermometern für eine und dieselbe Wärmequelle angegeben wurden.

Luftthermometer . . .	300
Glasthermometer . . .	351,9
Eisenthermometer . . .	372,6
Kupferthermometer . . .	329
Platinthermometer . .	311,6
Gewöhnl. Quecksilberthermometer	307,8

Man kann nicht genau angeben, welches von den vorhergehenden Thermometern auf das Genauste die Temperatur ausdrücke, d. h. das Verhältniß zwischen den Ausdehnungen und den erhaltenen Wärmemengen; demungeachtet müssen wir, nach dem, was vorher gesagt wurde, als Vergleichungspunkte die Resultate nehmen, welche von dem Luftthermometer gegeben wurden. Wir sehen zuerst, daß dieses und das Quecksilberthermometer bis zu 100 Gr. vollkommen mit einander übereinstimmen; weiter hinaus verhält es sich nicht mehr so; bei 150 Gr. ist das Quecksilberthermometer um 1,30 dem andern voraus; bei 200 Gr. um 2,95; bei 250 Gr. ist es um 4,95 voraus. Was die Metallthermometer anbetrifft, so sind die Differenzen weit beträchtlicher.

Da das Gesetz für die Ausdehnung der Gase das Nämliche wie für die Dämpfe ist, so folgt daraus, daß die Dämpfe sich wie die Gase verhalten.

Die Anwendung, welche wir so eben vom Luftthermometer gegeben haben, besteht darin, es bei der Berechnung der höchsten und niedersten Temperaturen zu gebrauchen, eine Frage, welche nach einander Princeps und Pouillet beschäftigte.

Princeps bediente sich eines Luftthermometers von besonderer Construktion, um den Schmelzpunkt mehrerer Metalle, unter anderm den des Silbers, zu bestimmen. Dieser Apparat bestand aus einer Retorte von reinem Golde, welche 196 Cubikcentimeter Luft enthalten konnte und an welcher eine goldene Röhre und eine andere Röhre, gleichfalls von reinem Silber, angebracht, und mit einem Hahnen versehen war. Diese letztere Röhre communicirte mit einem gläsernen Behälter, um nicht zu viel Länge der graduirten Röhre geben zu müssen, die man daselbst angebracht hatte. Der Behälter, den man beinahe mit Oel anfüllte, wurde mit einer Sicherheitsröhre und einem Kolben versehen, der bestimmt war, die Luft aus der Retorte aufzunehmen, wenn sie zu entweichen anfing. An diesem Recipienten war vermittelst eines Hahns eine graduirte Röhre angebracht, welche mit einer kleinen Menge Oel angefüllt war, die dazu diente, die Ausdehnungen der Luft, die die Retorte enthielt, anzugeben, und daher die Temperaturen. Mit diesem Apparate erhielt Princeps folgende Resultate:

Glüh-Hitze	649	Gr.	Centesimal.
Orange	809	"	"
Schmelzung des Silbers	999	"	"
Silber mit $^1/_{10}$ Gold .	1048	"	"
Silber mit $^1/_4$ Gold .	1122	"	"

Pouillet bediente sich eines beinahe ähnlichen Mittels, um die hohen Temperaturen zu berechnen; sein Apparat bestand aus folgenden Theilen:

1) Ein Platingefäß aus einem einzigen Stücke, von eiförmiger Gestalt, welches das Wärmgefäß ist.

2) Aus einer Communikationsröhre von Platin, 20 bis 25 Centimeter lang, die ein Loch von ein bis zwei Millimeter im Durchmesser hat. Der Rest der Röhre, welcher von gleicher Länge ist, kann von Silber sein.

3) Aus einer eingetheilten Glasröhre, die dazu bestimmt ist, an ihrem oberen Ende die Luft, welche vermöge der Ausdehnung aus dem Platingefäß getrieben wird, aufzunehmen. Diese Röhre, die einer Barometerröhre ähnlich ist, wird vertikal an die Seite einer andern Röhre gestellt, die oben offen ist; sie communiciren mit ihrem untern Theile; ehe der Versuch beginnt, werden beide mit Quecksilber gefüllt, um den Druck der Luft zu messen, die in dem Pyrometer eingeschlossen ist, der zunimmt, wenn man ihn erhitzt; das Quecksilber steigt in der zweiten Röhre. Indem man die Capacität des Gefäßes, die der Communicationsröhre und die Menge Luft, die die eingetheilte Röhre bei einer bekannten Temperatur und unter einem bekannten Drucke genau kennt, so kann man die Temperatur des Platingefäßes berechnen. Mit Hülfe dieses Pyrometers erhielt Pouillet folgende Resultate:

Temperaturen	Grade des Luftthermometers
Hochroth	535 Gr.
Dunkelroth	700 „
Hochkirschroth	800 „
Kirschroth	900 „
Hellkirschroth	1000 „
Dunkelorange	1100 „
Hellorange	1200 „
Weiß	1300 „
Glänzendweiß	1400 „
Blendend weiß	1500 „

Die Angaben der Temperaturabwechslungen im

Glühen sind unbestimmt, denn nicht Jedermann urtheilt über die Farben auf gleiche Weise, aber eine Person, welche durch häufig wiederholte Versuche sich Geschicklichkeit erworben hat, diese Nüancen zu vergleichen, erkennt sie, ohne sich von der Wahrheit zu entfernen.

Die thermoelektrischen Erscheinungen, die gegenwärtig gut bekannt sind, erlauben zwei Apparate anzuwenden, um die niedrigsten und höchsten Temperaturen zu messen, welche den Vortheil vor allen anderen Thermometern haben, augenblickliche Veränderungen der Temperatur anzugeben, die vor ihrer Entdeckung nicht beobachtet werden konnten; vorzüglich bei Erforschung der thierischen Wärme, wo diese Veränderungen sich manchmal zeigen, ist man im Stande, den ganzen Vortheil, den man aus der Anwendung der thermoelektrischen Erscheinungen ziehen kann, um auf einige Ursachen zurückzugehen, welche zu der Wärmeerzeugung in den organisirten Körper beitragen. Aber ehe wir alles das vortragen, was die Beschreibung und die Anwendung dieser Apparate in der Physiologie anbetrifft, werden wir die Anordnungen angeben, die man ihm gegeben hat, um die hohen Temperaturen zu messen. Die ersten Versuche wurden von uns an Flammen angestellt, beinahe zehn Jahre vorher, als man unser Verfahren zur Messung der hohen Temperaturen anwandte; um jedoch die Ordnung nicht zu unterbrechen, die wir angenommen haben, so wollen wir den Apparat beschreiben, welchen Pouillet anwandte: er bestand aus einem thermolektrischen Pyrometer und aus einer elektrodynamischen Busole.

Dieser Pyrometer (Fig. 2 Tafel VII.) besteht aus einer eisernen Röhre, oder vielmehr aus einem Flintenlauf. Aus der Mitte der Schwanzschraube c geht ein Platindraht, welcher mit der Masse des Eisens verkörpert ist, quer mit der Axe des Laufes, um mit

einem Stücke rothen Kupfers x zusammengelöthet zu werden, von der ringförmigen Schwanzschraube d geht ein zweiter Platindraht, der sich mit einem Kupferstücke y verbindet. Der erste Platindraht wird von einem schlechten Leiter in der Mitte der ringförmigen Schwanzschraube d gehalten, damit er sie nicht berühren kann; f ist ein Stück Holz, das an dem Ende der Röhre befestigt ist, und dazu dient, die beiden Kupferstücke x und y zu tragen. Das Ende des Pyrometers wird in den Brennpunkt gebracht; man bedeckt es mit einem feuerfesten Kitte, damit das Eisen sich im Feuer nicht verändert. Die Communikation zwischen diesem Pyrometer und einer pyrometrischen Bussole, oder einem thermoelektrischen Multiplikator wird vermittelst zweier Kupferdrähte von ungefähr 1 Millimeter Durchmesser hergestellt, welche sich in kupferne Dillen endigen, die einerseits in die Stücke x und y, und an der andern Seite in die Enden des Bandes des thermoelektrischen Multiplikators gehen, welcher nichts anderes ist, als die Sinusbussole, von der wir schon die Beschreibung gegeben haben.

Mit Hülfe einer Tabelle, die vorläufig verfertigt wurde, kennt man die Intensität des Stromes, der einer Temperatur entspricht, die als Funktion der Grade eines Luftthermometers berechnet wurde. Dieser Thermometer ist ein wirkliches Lufthygrometer, das so nahe als möglich an die Schwanzschraube gestellt wird, so daß, wenn diese einer gewissen Temperatur ausgesetzt ist, die Abweichung der Magnetnadel unmittelbar den Temperaturunterschied angibt, welcher zwischen den beiden Verbindungen von Eisen und Platin stattfindet; da nun eine von denselben sich in der Luft befindet, deren Temperatur bekannt ist, so erhält man unmittelbar die des Wärmepunktes.

Indem Pouillet den Gang des Luftthermometers mit dem des Multiplikators verglich, fand er, daß die Intensität des Stromes nicht immer der Tempe-

ratur proportional war. Nach ihm nimmt die mittlere elektromagnetische Kraft, welche jedem Grade entspricht, von der gewöhnlichen Temperatur bis zu der Glühhitze ab, hierauf nimmt sie zu, um bei ungefähr 1000 Gr. die Intensität, welche sie bei Null hatte, wieder anzunehmen, und fährt fort, sich ziemlich rasch über diesen Punkt hinaus zu erhöhen. Wir bemerken in dieser Beziehung, was wir schon lange gefunden haben, daß in einem thermoelektrischen Paare, wovon ein Theil Eisen ist, das Gesetz, welchem die Intensität des Stromes unterworfen ist, sehr unregelmäßig ist. Ueberdies ist es wenig wichtig, nach welchem Gesetze sich die Intensitäten richten. Denn wenn einmal die Tabelle der Temperaturen und der Intensitäten des Stromes gegründet ist, so steht nichts im Wege, Maße von sehr genauen Temperaturen zu erhalten. Wir theilen hier die Resultate, welche Pouillet erhielt, mit.

Temperaturunterschied zwischen den beiden Löthungen, wenn die eine von ihnen auf der Temperatur 15 oder 20 Gr. steht.	Mittlere Intensität des Stromes für 1 Gr.
100	950
150	920
200	800
250	860
300	830
400	780
450	760
500	745
550	730
600	720
650	730
700	755
750	780
800	815
850	850

Temperaturunterschied zwischen den beiden Löthungen, wenn die eine von ihnen auf der Temperatur 15 oder 20 Gr. steht.	Mittlere Intensität des Stromes für 1 Gr.
900	885
950	920
1000	955

Indem wir das, was wir über die Bestimmung der hohen Temperaturen gesagt haben, schließen, geben wir die Temperatnr des Schmelzpunktes verschiedener Metalle oder Legirungen, welche auf verschiedene Weise erhalten wurden, Wir behalten uns vor, später wieder darauf zurückzukommen.

Silber	1000
Gold	1200
Sehr schmelzbares weißes Gußeisen	1050
Wenig schmelzbares	1100
Sehr schmelzbares graues Gußeisen	1100
Wenig schmelzbares graues Gußeisen	1200
Der schmelzbarste Stahl	1300
Wenig schmelzbarer Stahl	1400
Eisen	1500 bis 1600

Die Temperatur des Schmelzpunktes des Silbers ist dieselbe in den Versuchen von Pouillet, wie in denen von Princeps.

Es bliebe uns noch übrig, das Verfahren zu beschreiben, dessen wir uns bei der Bestimmung der Temperatur der verschiedenen Theile einer Flamme bedienten, da diese Beschreibung jedoch nicht von den erhaltenen Resultaten getrennt werden kann, so werden wir davon sprechen, wenn wir von den Flammen handeln.

Von den Instrumenten, die dazu bestimmt sind, die Temperatur der Meere, der Seen und des Inneren der Erde zu bestimmen.

Die Instrumente, welche man in mehr oder minder große Tiefen der Meere, Seen oder der Erde hinab-

läßt, um die Temperatur derselben kennen zu lernen, müssen auf eine solche Weise verfertigt werden, daß die Angaben sich beim Zurückziehen nicht verändern, oder daß sie unmittelbar betrachtet werden können, ohne daß man nöthig hat, die Apparate zu stören. In dem ersten Falle wendet man die Maximum- und Minimumthermometer, und den Thermometrographen an; im zweiten die thermoelektrischen Apparate. Wir werden die Maximum- und Minimumthermometer, so wie sie von Walferdin eingerichtet sind, beschreiben, da sie ziemlich allgemein angewandt werden.

Das Maximumthermometer ist in seiner einfachsten Gestalt ein gewöhnliches Thermometer, das an seinem oberen Ende eine umgekehrte Höhlung hat, um den Abschlagbehälter aufzunehmen (Fig. 3 Taf. VII.); die Röhre des Thermometers verlängert sich im Punkte b in diesem Behälter. Nehmen wir an, das Instrument gebe Temperaturanzeigen bis zu 50°, und man wolle ein Temperaturmaximum von 30° beobachten. Man beginnt damit, das Thermometer so zu neigen, daß das Quecksilber den Punkt b berührt, wie man es (Fig. 4 Taf. VII.) sieht. Man erwärmt das Gefäß des Thermometers und kühlt es hierauf unter die Temperatur, die man beobachten will, ab, auf diese Weise dringt Quecksilber in das Gefäß; sodann erhebt man das Thermometer wieder, gibt ihm einen kleinen Schlag, um das Tröpfchen, welches den Punkt b bestimmt, wieder in das Gefäß a fallen zu lassen. Man taucht hierauf das Thermometer in ein Bad, dessen Temperatur z. B. 25° ist. Ein Theil des Quecksilbers, der von der Ausdehnung herrührt, wird in der Spitze schief stehen, alsdann weiß man gewiß, daß das Instrument bei 25° ganz voll ist. Nachdem diese Anordnung getroffen wurde, bringt man den Apparat in ein Käſtchen, und läßt das Ganze in das Mittel hinab, dessen Temperatur man kennen lernen will, welche man wachsend annimmt, in dem Verhältnisse als man hinabkommt. Das Queck-

silber der Röhre trennt sich nothwendig in a, bis die Temperatur stationär ist. Man gibt ihm alsdann einen Schlag, um die Blase, welche an dem Punkte adhärirt, zum Fallen zu bringen (Fig. 5) und zieht das Instrument wieder herauf; die Quecksilbersäule wird nothwendig in der Röhre fallen, man nimmt es aus seinem Kästchen und taucht es aufs Neue in ein Bad von 25°, die mit dem Maßthermometer gemessen werden.

Nehmen wir an, die Höhe des Quecksilbers entspreche dem 15°, wenn man von der Spitze ausgeht, so folgt daraus, daß die in a getrennte Quecksilbermenge derjenigen entspricht, die man erhält wenn das Thermometer von 15° auf 25 steigt, die gesuchte Temperatur wird demnach 25 + 10 oder 35° sein. Man sieht ein, daß man vermittelst dieses Apparates sehr genaue Angaben erhalten kann. Dieses Instrument hat den Vortheil vor den alten Maximumthermometern, daß es in einer vertikalen Lage gehalten werden kann.

Minimumthermometer, das nach denselben Principien wie das vorhergehende verfertigt wird.

Dieses Thermometer ist Fig. 6 Taf. VII. abgebildet, und ebenso wie das vorhergehende, ein gewöhnliches Thermometer, an dem man folgende Modifikationen anbrachte: In dem unteren Theile des Schaftes befindet sich ein kleines Gefäß, das mit Alkohol angefüllt ist, in das man eben die isolirte Spitze taucht, die die Röhre begränzt, am oberen Theile befindet sich eine umgekehrte Höhlung, die mit Alkohol angefüllt ist. Nehmen wir an, man wolle die Temperatur eines Sees beobachten, welcher 4 bis 5° in seinem tiefsten Theile habe, man kühlt zuerst den Apparat bis auf Null und noch weiter ab. Man neigt ihn ebenfalls, damit das Quecksilber die Spitze (Fig. 7) berühre.

Man erwärmt hierauf, um das Quecksilber zum Steigen in der Röhre zu bringen, bis die Menge, welche steigt, einen Raum von 10 bis 15° einnimmt. Man richtet hierauf den Apparat wieder auf und taucht ihn in ein Bad, dessen Temperatur, die mit einem ausgezeichneten Thermometer gemessen wurde, über 6° stand. Nehmen wir an, diese Temperatur sei gleich 10°; man notirt die Quecksilberhöhe, der Apparat wird alsdann zum Versuche eingerichtet. Nachdem man ihn in ein Käftchen gebracht hat, läßt man ihn in den See hinab; je mehr die Temperatur sinkt, desto mehr fällt das Quecksilber in dem unteren Behälter, bis das Gleichgewicht der Temperatur hergestellt ist. Erhebt man das Instrument wieder, so hebt die Ausdehnung nothwendig die Quecksilbersäule, und man liest auf der Scale die entsprechende Anzahl Grade ab. Diese von 10° abgezogene Zahl, die Temperatur des Ausgangspunktes, gibt die Anzahl Grade, deren Quelle erniedrigt ist.

Von dem Thermometrograph (Fig. 8 Taf. VII.).

Dieser Apparat besteht aus einem Gefäße r, das mit Alkohol angefüllt ist und einer gebogenen Röhre, die Quecksilber und zwei kleine eiserne Cylinder enthält, die vom Glas umgeben sind. Der in dem Gefäße eingeschlossene Alkohol füllt ebenfalls die beiden Schenkel der Röhre bis zu m: über diesem Punkte befindet sich eine weitere Alkoholsäule, welche zum Theil das Gefäß r′ anfüllt; wir bildeten Fig. 9 den einen dieser Indexe ab, damit man seine Construktion besser erkennen könne. Die Hülle des Cylinder ist an dem Ende, das auf Quecksilber ruht, abgeplattet; man bringt einen elastischen Knaul aus Haaren an, welcher durch den gegen die Wand der Röhre ausgeübten Druck den Index aufhält, wenn er in Alkohol schwimmt. Sobald dieser Index vom Quecksilber fortgetrieben,

und die Elasticität der Haare überwunden ist, geht der Index; vermittelst dieses sehr einfachen Anhangs geht der Index oder bleibt stehen, je nachdem ihn das Quecksilber treibt oder verläßt. Der innere Theil, der Hauptkörper des Stücks ist aus Eisen, um ein Mittel zu haben, den Index mit Hülfe eines Magnets zum Quecksilber herabfallen zu lassen. Die Fig. 8 zeigt den Index b, welcher bestimmt ist, die niedersten Temperaturen und der Index h die höchsten zu geben.

Diese Apparate müssen in Kästen mit ziemlich widerstehenden Wänden eingeschlossen werden, um nicht von den starken Drucken, welchen sie in tiefen Meeren ausgesetzt sind, zerbrochen zu werden; sie müssen hermetisch verschlossen sein, damit, wenn das Wasser eindringen würde, der äußere Druck durch sein Dazwischenkommen nicht auf das Innere übertragen und das Instrument zerbrochen würde. Wir geben Fig. 10 die Gestalt von einem dieser Kästchen. Vor dem Experimentiren muß man mit Aufmerksamkeit einen großen Theil des Kästchens mit Wasser füllen, damit das Gleichgewicht der Temperatur sich rascher bewerkstelligen kann.

Es bleibt uns nur der thermoelektrische Apparat zu beschreiben übrig, dessen Vorzug vor den vorhergehenden darin besteht, die Temperaturveränderungen in dem Augenblicke selbst anzuzeigen, welche in den Mitteln, worin dieses Instrument getaucht wird, erzeugt wurde. Der Apparat besteht aus einem Kupferdraht und aus einem Eisendraht, die an einem ihrer Enden gelöthet sind, und mit den beiden andern mit den zwei Enden des Drahtes in Verbindung stehen, welcher die Kette eines sehr empfindlichen elektromagnetischen Multiplikators bildet. Der Eisendraht darf nicht 160 bis 200 Meter in der Länge überschreiten, wenn er nur einen Millimeter im Durchmesser hat, weil das Eisen ein so schlechter Leiter ist, und

der thermoelektrische Strom, welcher aus der Temperaturdifferenz der beiden Löthungen entspringt, so wenig intensiv ist, daß es sehr schwer ist, sie zu beobachten, wenn die Temperatur sich von 1 bis 15 Grad verändert. Auch darf man diese Dimensionen nicht überschreiten, wenn man Resultate erhalten will, auf deren Genauigkeit man sich verlassen kann. Die beiden Drähte müssen in ihrer ganzen Länge geplattet und mit Seide umsponnen sein, um sie der chemischen Wirkung des Wassers zu entziehen. Bei diesen Vorkehrungen ist man versichert, daß der Apparat nur thermo-elektrische Ströme angibt, wenn die beiden Löthungen nicht dieselbe Temperatur besitzen.

Um leicht zu operiren, ist das System der beiden Drähte auf einer Rolle aufgerollt, durch welche eine Achse geht, welche von zwei Lagern unterstützt wird und der man eine rotirende Bewegung mit Hülfe einer an dem einen Ende angebrachten Kurbel mittheilt.

Der thermoelektrische Apparat kann mit Vortheil angewandt werden, wenn es sich darum handelt, die Veränderungen zu untersuchen, welche die Temperatur der Erde in einer zu großen Tiefe erleidet, um daselbst ein Thermometer anbringen zu können; in dem Falle, wo sie nicht zwanzig Meter übersteigt, erhält man Gradbrüche. Die beste Methode, zu operiren, ist die, eine von den Löthungen in eine passend angebrachte Höhlung zu bringen, welche man mit den herausgezogenen Substanzen anfüllt. Da die andere Löthung in der Luft bleibt, so zeigen die Abweichungen der Magnetnadel nothwendig den Unterschied an, welcher zwischen der Temperatur der Luft und derjenigen der Region, wo sich die zweite Löthung befindet, stattfindet; da die Temperatur der Luft bekannt ist, so leitet man unmittelbar mit Hülfe der Temperaturtabellen die der inneren Region ab.

Wenn man die Temperatur eines Sees bestimmen

will, so beginnt man damit, an die Löthung eine Last von beliebiger Natur und mehrere Kilogramme schwer zu knüpfen, damit das Drahtsystem im Wasser sinken kann. Die Abweichung der Magnetnadel gibt unmittelbar die Temperaturabnahme an, jemehr man eine von den Verbindungen Eisen und Kupfer sinken läßt. Dieses Instrument hat den Vorzug vor dem Minimumthermometer, unmittelbar die Temperatur des unteren Ortes anzugeben, ohne daß man befürchten muß, den Apparat in Unordnung zu bringen.

Als Anwendung theilen wir die Resultate mit, welche wir in Verbindung mit Breschet erhalten haben, indem wir die Temperatur des Genfersees bestimmten, ungefähr sechs Meter von der Böschung eines Felsens, auf welchem das Schloß Chillon steht (der Multiplikator hatte wenig Empfindlichkeit.)

Eine der Löthungen befand sich im Arsenal, dessen Temperatur 14°,80 war, die andere wurde nach einander in verschiedene Tiefen des Sees gelassen. Vorläufige Versuche gaben an, daß ein Abweichungsgrad der Magnetnadel 1°,10 Centesimalgrade entsprach. Man erhielt die in folgender Tabelle angegebenen Resultate:

Tiefe.	Abweichung.	Entsprechende Temperatur.
104 Meter . .	7,50 nach links.	6,50
80 " . .	7,50 " "	6,50
60 " . .	6,50 " "	7,60
40 " . .	5,50 " "	9,00
20 " . .	3 " " "	12,30
An der Oberfläche	4,50 rechts	19,80

Diese Resultate zeigen an, daß die Abnahme der Temperatur des Sees, in den unaufhörlich die Wasser fließen, die von der Schmelzung des Schnees auf den Gipfeln der Alpen entspringen, nicht einem gleichförmigen Gesetze folge, und daß bei 104 Meter

Tiefe die Temperatur noch 6,50, ist, anstatt 5,60, welche Saussure an verschiedenen Theilen des Genfersees bei 70 und 100 Meter Tiefe und weit von den Ufern entfernt fand. Bemerken wir, daß dieser Versuch in einer wenig beträchtlichen Entfernung vom Felsen Chillon angestellt wurde, der eine eigenthümliche Temperatur besitzt, die nothwendig das umgebende Gewässer erwärmen muß.

Was zu der Vermuthung veranlaßt, daß diese Erklärung begründet ist, ist der Umstand, daß Saussure in dem Lago Maggiore, welcher unter einem angenehmeren Klima als der Genfersee liegt, der ebenfalls seine Wasser von dem Schmelzen des Schnees erhält, und welcher 128 Meter tief ist, eine Temperatur von 6,75 Centigrade beobachtete, wenn die Temperatur der Oberfläche des Wassers 25° war. Dieses Beispiel beweist, daß der Einfluß der Ursachen, welche manchmal das Seewasser zu erwärmen suchen, sich über 100 Meter wahrnehmen läßt.

Wir haben von der Nothwendigkeit gesprochen, die Metalldrähte mit einer Materie zu überziehen, welche der Flüssigkeit, in die das thermo-elektrische Paar getaucht wird, nicht gestatten, chemisch auf die Metalle, aus denen es besteht, zu reagiren.

Wir haben den Beweis davon erhalten, als wir die Temperatur einer thermischen Wasserquelle, welche mitten in der Rhone war, zu bestimmen suchten. Als die thermo-elektrische Sonde einige Augenblicke in diesem Wasser war, so wurde der Theer abgelöst und das Eisen so angegriffen um elektro-chemische Erscheinungen zu erzeugen, welche die Fortsetzung des Versuches verhinderten.

Fünftes Kapitel.

Von der Erzeugung der Wärme in den organisirten lebenden Körpern.

Von den Mitteln, die Temperatur der inneren Theile des Menschen und der Thiere zu messen.

Man kann gegenwärtig als Grundsatz aufstellen, daß überall, wo Leben stattfindet, auch Wärme erzeugt wird. Was ist Leben eigentlich? Eine ununterbrochene Reihenfolge von chemischen Reaktionen, in den organischen Geweben der Thiere unter dem nervösen Einflusse und in den vegetabilischen Geweben, außer diesem Einflusse, weil sie keine Nerven besitzen.

Wenn die Entwicklung der Wärme bei den chemischen Wirkungen eine complicirte Frage ist, wovon man noch keine genügende Auflösung hat, wie viel Schwierigkeiten muß man nicht antreffen, wenn man die Frage über die Wärme in den organisirten Körpern zu lösen versucht, da eine große Zahl von Ursachen, wovon der größere Theil unseren Sinnen entgeht, zu der allgemeinen Erscheinung beitragen? die Physik und die Physiologie können jede für sich besondere Belege zu unserer Erklärung liefern, indem die erste, die Wirkung der physischen und der chemischen Kräfte und die Mittel, sie zu studiren, angibt, und die zweite, das Dazwischentreten der Organe und die Wirkungsart des nervösen Einflusses kennen lehrt. Es ist ziemlich schwer, eine Gränzlinie zwischen diesen beiden Wissenschaften, in Beziehung auf die mehr oder minder unmittelbare Theilnahme einer jeden von ihnen, auf das Studium der organischen Wärme zu ziehen. Wenn der Physiker sich gänzlich vom Physiologen oder dieser von dem ersten

trennt, so setzt sich der eine der Gefahr aus, alle Erscheinungen physischen Ursachen zuzuschreiben der andere den Lebenskräften. Das beste ist, wenn der Physiker Physiolog wird und umgekehrt, mit einem Worte die Physik und die Physiologie müssen sich gegenseitig unterstützen.

Um zu den Ursachen zurückzugehen, welche bei der Wärmeerzeugung in den organisirten Körpern mitwirken, ist es unerläßlich, die Temperatur der verschiedenen Theile, aus denen sie bestehen, kennen zu lernen, um die Vertheilung der Wärme leicht wahrzunehmen, die uns natürlich zum Ausgangspunkt dienen kann, um die erzeugenden Ursachen zu studiren. Wir wollen mit der Temperatur der Thiere anfangen.

Die Versuche, welche bis jetzt über die Wärme der Thiere angestellt wurden, sind zahlreich, aber die Resultate, zu denen sie geführt haben, zeigen häufig ziemlich große Divergenzen, was davon herrührt, daß der Gang des Thermometers nicht vorläufig mit einem andern als Maß angenommen, verglichen wurde.

Das Thermometer, das einzige Instrument, dessen man sich bediente, wurde nur in einige Theile direkt gebracht. Wollte man in das innere der Organe eindringen, so müßte man Einschnitte in dieselbe machen, und folglich sie verändern oder zerstören; die Störung, welche daraus hervorging, würde Wärmeerscheinungen liefern, die nicht immer von denjenigen, die von der Lebensthätigkeit herrühren zu unterscheiden möglich wären. Das Thermometer hat außerdem, so klein auch sein Gefäß sein mag, den Nachtheil, eine Masse zu besitzen, die eine ziemlich große Wärmemenge absorbirt, um sich mit der Temperatur der umliegenden Regionen ins Gleichgewicht zu bringen, wenn diese nicht unmittelbar die entzogene Wärme wieder erlangen könnten, so entstünde eine Temperaturerniedrigung; überdies könnte das Thermometer plötzliche Temperatur-Veränderungen nicht angeben, denn man

brauchte eine oder zwei Minuten und sogar mehr, damit es sich mit den Theilen, in die man es bringt, ins Gleichgewicht setzt, der Mund ist ein Beispiel davon. Wenn während dieser Zeit nun sich augenblickliche Temperaturveränderungen bewerkstelligen, so würde es unmöglich sein, sie wahrzunehmen; und wenn man sogar das Thermometer in gewisse Regionen mit Hülfe von Einschnitten bringen könnte, so fände dies nicht ohne die schlimmsten Nachtheile für die wesentlichen Organe des Lebens, wie das Herz, den Magen und das Gehirn Statt. Diese Regionen sind es jedoch, die für den Physiologen das meiste Interesse haben, zu wissen, wie die Temperatur daselbst durch die Bewegung, durch die Entwicklung der Leidenschaften und Anwendung gewisser Agentien modificirt wird. Es ist außerdem für die Physiologie wichtig, eine Menge von Fragen zu lösen, welche sich auf die thierische Wärme beziehen, z. B. den Unterschied, zwischen der Temperatur eines Organs im Normalzustande und der des nämlichen Organs im pathologischen Zustande, um auf ein Mittel zu kommen, diese störende Ursache wegzubringen. Um die thierische Wärme auf eine solche Weise zu erforschen, damit man diesen Zweck erreiche, muß man eine mehr oder weniger feine Nadel oder Metallsonde hineinbringen, welche denjenigen ähnlich, deren man sich bei der Nadelpunktirung bedient, denn es gibt kein anderes Mittel, ohne Nachtheil durch die Organe zu kommen. Diese Nadel kann so zusammengesetzt werden, daß man thermo-elektrische Erscheinungen erhält, welche unmittelbar und mit einer großen Genauigkeit die Temperatur des Mittels, wo sich die von der Sonde bestimmten Punkte befinden, angeben.

Dieß ist das Princip. Wir wollen das Verfahren beschreiben. Anstatt einer Nadel nimmt man zwei, von denen jede aus zwei andern, die eine von Kupfer, die andere aus Stahl besteht, die an ihren Enden

zusammengelöthet sind. Die Löthung von einer der Nadeln befindet sich in einem Mittel, dessen Temperatur während der ganzen Dauer des Versuchs, constant ist, während die andere Löthung sich in dem Theile befindet, dessen Temperatur man bestimmen will. Die Communikation zwischen den beiden Nadeln wird an dem Stahlende mit einem Stahldraht von derselben Beschaffenheit, auf der andern Seite an ihrem Kupferende mit den beiden Enden des Drahts eines Multplikators hergestellt, dessen Empfindlichkeit so ist, daß eine Temperaturdifferenz von $0^{\circ},10$ zwischen den beiden Löthungen eine Abweichung von einem Grade gibt.

Die constante Wärmequelle wird von dem Sorel'schen Apparate, oder von dem Munde einer Person, welche an diese Art von Versuchen gewöhnt ist, geliefert. Die Wassermasse, welche diese constante Temperatur in dem Sorel'schen Apparate gibt, ist so beträchtlich, daß die Löthung, welche hinein getaucht wird, sich schnell mit ihr ins Temperaturgleichgewicht setzt, so daß die Verluste, welche die Theile der Nadel erleiden, welche außerhalb desselben sind, dadurch schnell wieder hergestellt werden, ebenso muß man in diesem Falle die angezeigte Temperatur betrachten, als wäre sie die des Mittels, in welchem sie sich befindet. Es verhält sich nicht so bei der zweiten Löthung, die in einem Muskel sich befindet, der nicht weit von der Haut entfernt ist, denn da diese Wärmequelle weniger Ausdehnung hat, als die des Sorel'schen Apparates, so ist sie auch eine schlechte Leiterin der Wärme, wegen der verschiedenen Gewebe, welche die Muskeln bilden. Es folgt daraus, daß die Abkühlung, welche von der Gegenwart der Nadeln in diesen Muskeln hervorgebracht wurde, um so wahrnehmbarer ist, je weniger hoch die Temperatur der Luft ist. Ebenso findet man, wenn man in einem Mittel unter 18 bis 20 Graden experimentirt, eine

Differenz, die manchmal zu Gunsten des Sorel'schen Apparats bis auf 1 Grad steigt, wenn sogar die Temperatur des Muskels vor der Einführung der Nadel, gleich der dieses Apparates war. Wenn man den Mund als Wärmequelle anwendet, so hat man um so mehr eine Differenz zu befürchten, weil die beiden Quellen beinahe dieselbe Ausdehnung haben. Ohne alle diese Vorkehrungen ist es unmöglich, genaue Resultate zu erhalten.

Wir werden uns nicht in neue Ausführlichkeiten über die Verfertigung und Anwendung des Multiplikators einlassen, wir erinnern bloß an die allgemeinen Principien. Wenn der Abweichungswinkel der Magnetnadel, welcher von der Temperaturdifferenz dieser beiden Löthungen hervorgebracht wurde, bekannt ist, so geben die Intensitätstafeln und die der entsprechenden Temperaturen die Intensität des Stroms und die Temperaturdifferenz zwischen den beiden Löthungen an. Wenn demnach die Temperatur einer von derselben bekannt ist, so kann die der andern oder des Mittels daraus abgeleitet werden.

Die Vereinigung der beiden Nadeln, einerseits an dem Kupferende mit dem Multiplikatordrahte, andererseits an dem Stahlende mit dem Stahldrahte, muß mit der möglichsten Sorgfalt bewerkstelligt werden, damit kein Stromverlust stattfinde. Zu diesem Ende rollt man die beiden Enden des Stahldrahtes in eine Spirale, deren Oeffnung man ziemlich klein macht, um das Stahlende, das man hineinbringt, mit Kraft zurückzuhalten.

Die Gestalt der vorher beschriebenen Nadeln erfordert, daß man die thierischen Theile durchbohrt, um die beiden Enden frei zu machen, welche mit dem Multiplikator in Communikation gesetzt werden sollen; diese Durchbohrung ist jedoch nicht immer möglich, wie z. B. in den Fällen, wo man die Temperatur des Schlundes oder des Darmkanals bestimmt. Man nimmt alsdann seine

Zuflucht zu Nadeln, welche die Gestalt von chirurgischen Sonden haben, und von denen man leicht einen Begriff bekommen wird, wenn man einen Blick auf die Fig. 12 Tafel VII. wirft. Jede Nadel oder Sonde besteht aus zwei Schenkeln, der eine aus Kupfer, der andere aus Stahl, die parallel auf einander liegen, und auf eine Ausdehnung von 1 bis 2 Millimeter, jedoch bloß an einem ihrer Ende, gelöthet sind, während alle anderen Punkte durch eine isolirende und Widerstand leistende Membrane getrennt sind, wie z. B. die, welche den Rücken einer Feder bedeckt. Diese Membrane adhärirt an den Metallen, vermittelst eines elastischen Mastix, den man wieder ersetzt, wenn er sich abzulösen anfängt Die beiden freien Enden dieser Nadel werden wie gewöhnlich in Verbindung mit dem Multiplikator gebracht, und die Versuche angestellt, wie es vorher angegeben wurde. Die Gestalt der Sonde ändert sich mit der Anwendung, die man von ihr macht; d. h.: je nach der Region, in welche sie gebracht werden muß; die Fig. 13, 14 Tafel VII. zeigen gerade und krumme Sonden; bei diesen hat man sich jedoch immer zu hüten, daß die Membrane nicht zerreißt, und daß die beiden Theile der Nadel mit keinen andern Punkten communiciren, als mit der Löthung. Um sich zu überzeugen, daß keine partiellen Contakte stattfinden, taucht man die Spitze der Nadel in eine Masse Wasser, von der alle Theile merklich dieselbe Temperatur besitzen; man beobachtet alsdann die Abweichung der Magnetnadel, sodann fährt man fort, die Nadel mehrere Centimeter in die Flüssigkeit hinabzusenken, und wenn die Abweichung sich nicht verändert, so darf man überzeugt sein, daß sich die Metalle nur an ihren Enden berühren; verhielte es sich aber nicht so, so würde sich die Abweichung ändern.

Man kann nicht genug Vorkehrungen treffen, um den Gang des Multiplikators zu studiren, wenn er eine große Empfindlichkeit hat; man läuft ohne dies

Gefahr, besonderen Ursachen Wirkungen zuzuschreiben, welche von örtlichen Ursachen abhängen, z. B. wenn die Nadel vollkommen auf Null ist, so wird man zu der Annahme verleitet, daß die Symmetrie auf beiden Seiten vollständig ist; und doch verhält es sich nicht immer so. Manchmal wird die Nadel, durch die Wirkung desselben Stroms, je nachdem er in der einen oder andern Richtung strömt, mehr gegen die eine als gegen die andere Seite geführt. Diese Erscheinung rührt davon her, daß das System von zwei Nadeln dergestalt astatisch ist, daß es magnetischen Einflüssen, sogar entfernten, gehorcht, vermöge welcher sie sich leichter nach der einen als der andern zu richten strebt; je nachdem diese Einflüsse durch Attraktion und Repulsion wirken, Umstände, welche man manchmal benützen muß, um den Strom passend zu richten.

Um zu operiren, bringt man eine von den gemischten Nadeln in den Theil des Körpers, dessen Temperatur man bestimmen will, indem man mit Aufmerksamkeit die Löthung in das Mittel selbst bringt, während die Löthung der anderen in die constante Temperaturquelle gebracht wird. Die Magnetnadel wird wegen der Differenz, welche zwischen der Temperatur des untersuchten Theils und der der constanten Quelle stattfindet, abweichen. Da der Strom nun mit einer um so größeren Kraft wirkt, als der Abstandswinkel bei der Nadel geringer ist, und da der Versuch bewiesen hat, daß man zwischen 0 und 25 Gr. das Maximum der Erscheinung erhält, so dreht man demnach die Büchse des Multiplikators bis die Nadel von 20 bis 25 Gr. von der einen nach der andern Seite abweicht, ehe man die Versuche anfängt. Der Strom wird alsdann so geleitet, daß er die Nadel auf Null zurückführt; denn er wirkt mit einer um so größeren Kraft, je weniger schief seine Richtung in Beziehung zu der der Nadel ist; in dem Falle, wo sie diese Gränze überschreiten würde, läßt

man ihn durch einen hinreichend langen Draht gehen, um seine Intensität zu vermindern. Ohne diese Vorkehrungen wäre es unmöglich, schwache Differenzen bei den Intensitäten der Ströme zu beobachten; denn je beträchtlicher die Abweichung ist, je schiefer der Strom auf die Nadel wirkt, desto weniger nimmt diese Abweichung durch einen schwachen Zuwachs von Intensität zu. Sobald die Magnetnadel eine feste Lage hat, so zieht man sie aus dem untersuchten Theile und taucht die Löthung in ein Wasserbad, dessen Temperatur man stufenweise erhöht, bis man eine, um einige Grade größere Abweichung hat, als die, welche man vorher erhalten hatte. Man läßt das Wasser langsam abkühlen und bestimmt mit einem genauen Thermometer, die der ursprünglichen Abweichung entsprechende Temperatur, welche genau die des Mittels ist, wo sich die Löthung im ersten Versuche befand, weil die thermo-elektrische Wirkung die nämliche ist. Diesen Gang muß man einschlagen, wenn man keine Intensitätstabellen gemacht hat.

Die Experimentirungsmethode, die wir so eben angaben, ist sehr einfach. Sie schließt das Eis als constante Temperaturquelle aus, welches nicht mit einem sehr empfindlichen Multiplikator zu operiren erlaubt, wenn es sich um thierische Wärme handelt, wegen der großen Temperaturdifferenz zwischen den beiden Löthungen, eine Differenz, welche die Nadel auf 90 Gr. bringen würde. Man kann jedoch eine von den Löthungen in die Region bringen, deren Temperatur man kennen lernen will und die andere in den Mund, aber die elektro-chemischen Wirkungen, welche durch die Reaktion der Flüssigkeit auf den Stahl erzeugt werden, stören auf eine solche Weise die Resultate, daß die Personen, welche nicht gewöhnt sind, sie von den thermo-elektrischen Erscheinungen zu unterscheiden, zu einem Irrthum verleitet werden können. Man vermeidet die elektro-chemischen Wirkungen, in-

dem man die Oberfläche der Nadeln mit mehreren Schichten Gummilackfirniß überzieht, den jedoch die beständige Reibung, welche durch das Hineinbringen verursacht wird, bald wegschafft. Man entfernt diese Erscheinungen, indem man die freie Löthung in den Mund einer Person bringt, deren Temperatur man mit einem ausgezeichneten Thermometer bestimmt hat, während man die andere nach einander in Mittel bringt, deren Temperatur man untersuchen will. Die Person, welche sich zu diesem Versuche hergibt, muß daran gewöhnt sein, durch die Nase zu athmen, um keine kalte Luft in den Mund zu bringen, und sich daran halten, die Löthung, welche unter der Zunge liegt, nicht zu verrücken, indem diese die Löthung drückt. Diese Vorkehrungen sind unerläßlich, wenn man eine merkbar constante Temperatur erhalten will; demungeachtet sieht man von Zeit zu Zeit zur größeren Sicherheit mit einem Thermometer nach, ob die Temperatur des Mundes Veränderungen erlitten hat.

Um von der Genauigkeit der Resultate überzeugt zu sein, operirt man auf eine umgekehrte Weise, d. h. man bringt die Löthung der ersten Nadel, welche sich in dem Munde befindet, in den Theil, dessen Temperatur man suchen will, und die der andern Nadel in den Mund. Wenn die Resultate in beiden Fällen die nämlichen sind, wenn die Nadeln identisch sind, so kann man die Versuche als richtig betrachten. Im entgegengesetzten Falle untersucht man, woher der Unterschied kommt und fährt zu experimentiren fort, bis man zur absoluten Gleichheit gelangt ist, was man mit ein wenig Geschicklichkeit erreicht. Wenn man sich nicht eines Mundes als constanter Wärmequelle bedienen will, so wendet man den Sorel'schen Apparat an, wofern man sich nur vor den angegebenen Nachtheilen hütet.

Wir haben schon gesagt, daß die Sonde, welche in eine beliebige Region des Körpers gebracht wird,

nur insofern die eigentliche Wärme des Theils angebe, als der Abgang der Wärme, der Länge der Sonde nach, unmittelbar hergestellt wird, eine Bedingung, welche jedesmal bei einer Sonde von kleinem Durchmesser erfüllt wurde. Es ist aber noch nöthig, zu untersuchen, bis zu welchem Punkte die Einführung eines fremden Körpers in einen Muskel oder irgend ein Organ die Temperatur desselben modificiren könne, indem sie in demselben eine vorübergehende Entzündung erzeugt. Wir machen vorerst bemerklich, daß, wenn ein Theil der Wärme, welcher von thermo-elektrischen Erscheinungen angegeben wird, von der Reizbarkeit, die von der Einführung der Nadel erzeugt wird, herrührte, diese Wärme um so stärker sein müßte, als die Nadel dicker wäre. Die folgenden Versuche zeigen, daß es sich nicht immer so verhält.

Die zwei Löthungen der beiden Nadeln aus Stahl und Kupfer, von einem halben Millimeter Durchmesser, wurden, die eine in den Mund eines jungen Mannes, die andere in den zweiköpfigen Muskel eines andern jungen Mannes gebracht; man erhielt eine Abweichung von 8 Gr. des Galvanometers zu Gunsten des zweiköpfigen Muskels, was eine Differenz in der Temperatur von 0,8 Centesimalgrade zwischen der Temperatur des Muskels und der des Mundes anzeigt; denn 1 Grad der Abweichung entspricht in der Scale einem Zehntelgrad der Temperatur; mit zwei Nadeln von einem Millimeter Dicke war das Resultat ein ähnliches und mit noch dickern Nadeln veränderte sich die Abweichung nicht während zehn Minuten. Man sieht demnach, daß die Gegenwart von mehr oder minder starken Nadeln, die jedoch gewisse Gränzen nicht überschreiten, die Temperatur der Muskeln und anderer Körpertheile nicht merklich modificirt. Diese Thatsache ist leicht zu begreifen, da ziemlich feine, sehr dünne Nadeln bei ihrem Hineinbringen bloß die Theile trennen, so bringen sie keine

Unordnung hervor, die fähig wäre, ihre organische Anordnung zu stören und folglich ihre Temperatur zu modificiren.

Wir wollen zu den Versuchen übergehen, die zuerst bei drei Personen, die wir durch A, B, C bezeichnen, und wovon die beiden ersten zwanzig Jahre alt waren, die dritte fünfundzwanzig, sodann bei zwei Hunden angestellt wurden.

Erste Versuchsreihe.

Temperatur der Luft: 12 Centesimalgrade.

Bezeichnung des Theils.	Temperatur. Centesimalgrade.	Differenz.
Zweiköpfiger Armmuskel des A.	36°53	1,°83
Nebenliegendes Zellgewebe	34,70	
Mund	36,80	
Zweiköpfiger Armmuskel des B.	36,83	1,°38
Nebenliegendes Zellengewebe	35,45	
Mund	36,70	
Zweiköpfiger Muskel des C	36,77	1,44
Zellengewebe	31,33	
Mund	37,00	
Schwarzer Hund.		
Beugmuskel des Schenkels	38,40	1,40
Zellengewebe des Halses	37,00	
Bauch	38,50	
Brust	38,40	
Anderer Hund.		
Schenkelmuskel	38,00	
Brust	37,00	
Bauch	31,10	

Zweite Versuchsreihe.

Bezeichnung der Theile.	Temperatur. Centesimalgrade.	Differenz.
Mund des B.	36,85	
Mund des A.	36,95	
Mund des B.	37,0 mit dem Thermometer gemessen.	
Zweiter Versuch.		
Zweiköpfiger Muskel des B	37,10	1°,62
Zellengewebe	35,48	
Dritter Versuch.		
Karpfen (Cyprinus carpio		
Verschiedene Gegenden	13,50	0°,50
Wasser	13,00	

Dritte Versuchsreihe.

Bezeichnung der Theile.	Temperatur. Centesimalgrade.	Beobachtung.
Pudelhündin.		Die Temperatur sank plötzlich um mehrere Grade und einige Minuten nachher existirte das Thier nicht mehr.
Schenkelmuskel	38,25	
Brust	38,85	
Gehirn. — Man wandte in dem Schädel zwei Trepankränze an, um die beiden Ende der Sonde durchgehen zu lassen	38,25	

Die in den vorhergehenden Tabellen angegebenen Resultate führen zu nachstehenden Folgerungen:

1) Es findet eine sehr deutliche Differenz zwischen der Temperatur der Muskeln und der des Zellengewebes bei den Menschen und bei den Thieren Statt, eine Differenz, welche von der äußeren Temperatur und der Art, wie das Individuum bekleidet oder be-

deckt ist, abzuhängen scheint. Diese Differenz ist beim Menschen um 1°,25 bis 2°,25 zu Gunsten der Muskeln verschieden. Die lebenden Körper befinden sich demnach in dem Falle eines trägen Körpers, dessen Temperatur man erhöhte, und welcher einer unaufhörlichen Abkühlung von Seite des Mittels, in welchem er sich befindet, unterworfen ist; diese Abkühlung nimmt man zuerst an der Oberfläche wahr, sodann erstreckt sie sich nach und nach in die inneren Schichten bis zum Mittelpunkt. Wie werden aber die Verluste in dem Menschen und den Thieren unmerklich wiederhergestellt? Damit werden wir uns beschäftigen, wenn wir von der Hervorbringung der Wärme in den organisirten Körpern reden werden.

2) Die mittlere Temperatur der Muskeln der drei jungen Leute wurde zu ungefähr 36°,77 Centesimalgrade gefunden.

Wir wollen dieses Resultat mit den Zahlen vergleichen, welche von mehreren Physikern und Physiologen als mittlere Temperatur des menschlichen Körpers angenommen wurde.

J. Davy. —	Menschliche Wärme . . .	36°,66
Despretz. —	Mittlere Temperatur von neun Menschen, die 30 Jahre alt waren	37°,14
	Mittlere Temperatur von vier Menschen, 68 Jahre alt . .	37°,13
	Mittlere Temperatur von vier jungen Leuten, 18 Jahre alt .	36°,99
Hunter. —	Mastdarm eines gesunden Menschen zwischen . .	36°,10 u. 36°,66

Unser Resultat ist beinahe das Mittel der von John Davy und Despretz mit dem Thermometer gefundenen Resultate, einem Instrument, dessen Anwendung sehr beschränkt ist, da es, wie wir bereits gesagt haben, die Temperatur des Zellgewebes, wegen seiner geringen Dicke nicht anzeigen kann.

Die mitlere Temperatur der Muskeln mehrerer Hunde ist 38°,50 nach unseren Versuchen; wir fanden jedoch einmal 38°,33 in der Brust, während Despretz für die Temperatur desselben Thieres 39°,48 anzeigte, die Differenz ist etwas mehr als ein Grad. Es ist wahrscheinlich, daß diese Differenzen von zufälligen Ursachen herrühren, die Despretz nicht berücksichtigte. Wir müssen bemerken, daß die Temperatur der Muskeln bedeutende Aenderungen wegen des Gesundheitszustandes des Individuums und wegen verschiedener erregender Ursachen erleidet. Daher rührt vielleicht die Ursache der Variationen, welche man häufig zwischen den erhaltenen Resultaten beobachtet, welche an demselben Individuum in zwei verschiedenen Versuchen erhalten wurden.

Bei dem Hunde ist die Temperatur der Brust die des Bauches, des Gehirns ziemlich die nämliche und gleich der der Muskeln. Eine bemerkenswerthe Thatsache und die wir in der Tabelle der dritten Versuchsreihe angegeben haben, besteht darin, daß, nachdem der Apparat 38°,25 für die Temperatur des Gehirns anzeigte, diese Temperatur schnell mehrere Grade sank, und einige Minuten nachher war das Thier nicht mehr.

Der gewöhnliche Karpfen (Cyprinus carpio) gab nur eine Differenz von ½ Grade zwischen der Temperatur seines Körpers und der des Wassers.

Die Temperatur der Muskeln erleidet durch die Zusammenziehung, die Bewegung und den Druck Veränderungen. Wir wollen annehmen, eine von den Löthungen werde in einer festen Temperatur von 36° erhalten, und die andere werde, wenn der Arm ausgestreckt ist, in den zweiköpfigen Armmuskel gebracht, die Abweichung nimmt alsbald um 1 bis 2 Grade zu. Man wartet bis die Oscillation und ihre Rückkehr vollendet ist und im Augenblicke, wo sie wieder anfängt, biegt man aufs Neue den Arm, um der Magnet-

nadel einen neuen Impuls zu geben. Man erhält endlich eine Abweichung von 15°, die einer bestimmten Abweichung von 5° und folglich eine Vermehrung um einen halben Centesimalgrad entspricht. Dieser Versuch, welcher mehreremale wiederholt wurde, beweist, daß die Contraktionen die Eigenschaft haben, die Temperatur der Muskeln zu vermehren. Um diese Erscheinungen genau zu beobachten, muß der Apparat wenigstens Zehntelsgrade angeben.

Wenn eine von den Löthungen in dem zweiköpfigen Muskel blieb, wenn man mit dem entsprechenden Arme fünf Minuten lang die Bewegung des Holzsägens machte, so steigt die Temperatur um eine bedeutende Größe, welche manchmal bis auf einen Grad geht. Die Thätigkeit, die Bewegung und im Allgemeinen alles, was einen Zudrang des Blutes veranlaßt, sucht auch die Temperatur der Muskeln zu erhöhen. Sind dies aber die einzigen Ursachen? Spielt das Nervensystem nicht auch eine Rolle? Wir werden es später untersuchen, wenn wir von der thierischen Wärme reden werden.

Die Compression einer Arterie vermindert dagegen die Temperatur der Muskeln, welche über das anliegende Gefäß hinaus liegen. Wenn sich die Löthung noch in dem Muskel, oder besser, noch in dem Muskel des Vorderarms befindet, und wenn man die Schulterpulsader stark mit der Hand zusammendrückt, so zeigt die Bewegung der Magnetnadel unmittelbar eine Temperaturerniedrigung von einigen Zehntelsgraden an.

Es ist nicht überflüssig, noch einige Resultate mitzutheilen, welche denen nicht unnützlich sein werden, welche sich mit den Untersuchungen beschäftigen, die sich auf die Vertheilung der Wärme in allen Theilen des Körpers bezieht.

Nach Beobachtungen, welche ein Jahr lang von Martin angestellt wurden, ist die Temperatur der äußern Oberfläche des Körpers am Unterleibe 35 bis

37,50 Gr.; an der Brust 33 bis 37 Gr.; an der Hand 29 bis 37 Gr.; am Fuße 20 bis 21,25 Gr. J. Davy fand unter dem Nabel 35 Gr., an der Brust 33,90 bis 34,40 Gr., am Schenkel 34,40, am Beine 32,7 bis 33,9 Gr., mitten in der Fußsohle 32,1 Gr.

Von der Differenz zwischen der Temperatur des Arterien- und Venenblutes.

Die ersten Untersuchungen, um die Differenz kennen zu lernen, welche zwischen der Temperatur des Arterienblutes und der des Venenblutes stattfindet, verdankt man J. Davy. Die Resultate, welche er erhielt, wurde der Gegenstand einiger Kritiken. Zwar konnte das von ihm angewandte Experimentirungsverfahren vermuthen lassen, daß die erhaltenen Temperaturen nicht genau dieselben wären, wie die der Gefäße im Normalzustande.

Nachdem er die Drosselader und die Carotis verschiedener Thiere geöffnet hatte, brachte er in jedes dieser Gefäße ein Thermometer, welches eine ziemlich kleine Kugel hatten, um die Cirkulation nicht aufzuhalten. Er erhielt in den mit fünf Lämmern angestellten Versuchen Resultate, deren Mittel + 0°,74 als Differenz zwischen der Temperatur des Arterienblutes und der des Venenblutes.

Um zur Bestimmung der Differenz zwischen den zwei Temperaturen mit den thermoelektrischen Nadeln zu gelangen, ohne sich der Gefahr eines Tadels auszusetzen, der dem englischen Physiker zu Theil wurde, die Gefäße zu zerstören und die Cirkulation des Blutes mehr oder weniger durch Hineinbringung von Thermometer-Kugeln in dem Gefäßkanal zu stören, nahmen wir zwei Nadeln (Fig. 15 Taf. VII.), von denen jede aus zwei andern, die eine von Kupfer, die andere von Stahl bestand, die an einem ihrer

Ende bloß 1 bis 2 Millimeter lang zusammengelöthet und an dem nämlichen Ende leicht gekrümmt sind, und in eine feine Spitze endigen, um sie in die Gefäße zu bringen, ohne ein Bluten hervorzubringen. Am Ende der Spitze trennen sich die Nadeln und man bindet sie mit Seide an einen Stab aus Elfenbein, welchen man immer zwischen den Fingern hält, aus Furcht, dem Metalle Wärme mitzutheilen. Nachdem sie zuerst mit einander, mit Hülfe eines Stahldrahtes, in Verbindung gebracht wurden, sodann jede mit dem kurzdrahtigen Multiplikator; so dienten diese beide Nadeln dazu, Versuche bei vier Hunden von mittlerer Größe anzustellen.

Die eine von ihnen wurde in die Aorta bei dem Austritt aus dem Herzen, die andere in die obere Hohlader vor ihrem Eintritt in das rechte Herzöhrchen gebracht. Die Brust wurde geöffnet; die geschwächten Lungen erfüllten nur sehr unvollkommen ihre Funktionen, und das Blut, welches aus der Aorta sickerte, schien beinahe schwarz zu sein. Die Nadel wich unmittelbar zu Gunsten des Arterienblutes um 3 Gr. ab, da nun ein vorläufiger Versuch, welcher mit dem Apparate von constanter Temperatur von Sorel angestellt wurde, anzeigte, daß eine Abweichung von 1°,0°,28 Wärme entspreche, so folgt daraus, daß der Unterschied zwischen der Temperatur des Arterienblutes und der des Venenblutes 0°,84 war.

Die umstehende Tabelle enthält die Versuche, welche bei drei andern Hunden angestellt wurden.

Das Mittel dieser Resultate zeigt an, daß die Differenz zwischen der Temperatur des Arterienblutes und der des venösen Blutes bei den Hunden von mittlerer Größe 1°,01 ist.

John Davy erhielt bei Lämmern als Mittel 0°,74, d. h. 0,37 weniger, als wir bei den Hunden. Es ist schwer, eine größere Uebereinstimmung bei so delikaten Versuchen, wie die, welche wir mittheilen, zu

Lage der Nadeln.	Abweichung der Magnetnadel.	Temperatur. Centesimalgrade.
2ter Hund.		
Die eine der Nadeln wurde in die Aorta Cruralis und die andere in die entsprechende Vene gebracht	4°	1°,12
Die Ordnung der Nadeln wurde umgekehrt.		
Diejenige, welche in der Arterie war, wurde in die entsprechende Vene gebracht und vice versa	4	1,12
3ter Hund.		
Eine der Nadeln war in der Arterie Cruralis, die andere in der entsprechenden Vene . .	3	0,84
Nachdem die Ordnung der Nadeln verkehrt wurde . .	3	0,84
4ter Hund.		
Eine der Nadeln befand sich in der Carotis am unteren Theile, so nahe als möglich an dem Herzen, die andere in der Vene Cruralis gegen den mittleren Theil	3	0,84

erhalten, besonders wenn die Gefäße keine große Diameter haben.

Wir haben die Ordnung der Nadeln umgekehrt, um von der Genauigkeit der Resultate überzeugt zu sein, d. h. wir haben die eine an die Stelle der andern gebracht und umgekehrt; wir haben keine Differenz gefunden. Man hat hierauf, vermittelst des Apparates mit constanter Temperatur, die wirkliche Temperatur der Drosselader und der Arteriecruralis bestimmt. Wir fanden, daß die eine 38° und die andere 38°,90 war; die Differenz zwischen diesen

beiden Werthen, welche 0°,90 anstatt 1°,01 ist, rührt wahrscheinlich von Fehlern her, vor welchen man sich nicht schützen konnte.

Wir haben untersucht, wie die Temperatur in demselben Arterien- oder Venensystem eines Hundes von mittlerer Größe sich in dem Verhältnisse, als man sich vom Herzen entfernt, ändert. Die erhaltenen Resultate zeigen eine sehr schwache Differenz zu Gunsten der dem Herzen am nächsten liegenden Theile.

Lage der Nadeln.	Abweichung der Nadel.	Temperatur. Centesimalgrad.
Die eine von den Nadeln in der Carotis . . . Die andere in der Arterie Cruralis	zu Gunsten der Carotis 0°,5	0,15
2ter Hund.		
Eine von den Nadeln in der äußeren Drosselader; die andere in der Vene Cruralis	zu Gunsten der Drosselader 1°	0,3

Diese Resultate wurden bei der Aenderung des Orts der Nadeln erhalten. Wir sehen daraus, daß die Temperatur in dem nämlichen Arterien- oder Venensystem in dem Verhältniß abzunehmen scheint, als man sich vom Herzen entfernte. Man stellte ebenfalls mehrere Versuche mit einem indischen Hahne (meleagris gallo-pavo) an. Die Temperatur des großen Brustmuskels fand man 40 Gr., die des unter der Haut befindlichen Zellengewebes 38°,50. Nach einer vorläufigen Vorbereitung, welche das Brustbein wegzunehmen zwang, wurde eine von den Nadeln unter das rechte Herzöhrchen gebracht, und die andere unter das linke; man erhielt eine Abweichung von 3 Gr., die 0,90 Centesimalgraden zu Gunsten von diesem entsprach. Es findet nun eine Differenz von etwas

weniger als einem Grade zwischen der Temperatur des linken Herzöhrchens und der des rechten Statt. Nach Davy haben die Lunge, der Magen, so wie die benachbarten Eingeweide von dem Herzen beinahe dieselbe Temperatur wie das Herz. Die Temperatur des Gehirns ist nicht so hoch, wie die in der Höhle liegenden Theile. Die vorderen Theile des Gehirns sind ein wenig wärmer, als die hinteren Theile; die Temperatur der Glieder ist niederer, als die des Rumpfes, und die Theile an der Oberfläche sind weniger warm, als die, welche tiefer liegen. Die Haut hat einen geringeren Grad, als die innern Eingeweide, diese einen geringeren, als das Blut; die Wärme ist ein wenig höher unter dem Gange der dicken Gefäße, und besonders am Anfang der Gliederungen. Er hat in einem Thiere, das eben getödtet worden war, 32°,22 unter dem Fußwurzelbeine, 36°,11 unter dem Mittelfuße, 38°,89 unter dem Kniegelenke, 39°,44 in der Gegend des Schenkelknochenkopfes, 40 Gr. in der Weiche, 40 im Gehirn, 41 im Mastdarme, 41 im Blute der Drosselader, 41,11 Gr. an der vordern Fläche der Leber u. s. w. beobachtet. Einige dieser Resultate wurden gleichfalls von uns mit Hülfe thermo-elektrischer Apparate beobachtet.

Von den Temperaturveränderungen in verschiedenen pathologischen Fällen.

Wenn das Leben in irgend einem Theile modificirt wird, so wirken die chemischen Reaktionen nicht mehr auf dieselbe Weise; die Temperatur kann sich nun nicht allein in diesem Theile, sondern auch im ganzen Individuum, wegen der allgemeinen Relation aller Theile zu einander verändern. Der thermo-elektrische Apparat dient vollkommen dazu, die Temperaturveränderungen, welche in verschiedenen patho-

logischen Fällen stattfinden, zu erkennen: wir geben hier die vorzüglichsten Resultate, die man erhielt:

1) Ein 32 Jahre alter Mann hatte ein hitziges Fieber mit Luftröhrenentzündung.

Der Puls schlug 116mal in der Minute.

Temperatur des zweiköpfigen Armmuskels 38°,80

Temperatur des Mundes . . . . . . 39°,65

2) Ein 24 Jahre alter Mann hatte Darmenentzündung mit Luftröhrenentzündung.

116 Pulsschläge in der Minute.

Temperatur des zweiköpfigen rechten Armmuskels . . . . 39°,50

3) Ein junges scrophulöses Mädchen in einem sehr auffallenden fieberhaften Zustande.

Temperatur des Mundes . . . . . . 37°,50

Eine andere mit entzündeter Drüsengeschwulst an dem oberen Theile des Halses . 40°

Temperatur einer schwammigen Geschwulst im Zellgewebe . . . . 40°

Temperatur des zweiköpfigen Armmuskels 37°,25

Diese Resultate und andere, die wir nicht mittheilen, haben zu nachstehenden Folgerungen geführt:

1) Der Fieberzustand gibt eine Temperaturzunahme in den angegriffenen Organen, die bis auf 39° und selbst darüber steigen kann, wenn die Temperatur des Armmuskels im Normalzustande ungefähr 36°,87 ist.

2) Die Scroffeln, welche stark entzündet sind, haben keine beträchtlichere Temperaturzunahme gegeben. Die eiterigen Theile hatten an dieser Zunahme keinen Theil.

3) Die Lähmung zeigt keine merkliche Differenz zwischen der Temperatur des kranken Gliedes und der des gelähmten Gliedes.

Die folgenden Resultate, welche von verschiedenen Beobachtern mit dem Thermometer erhalten wurden, bestätigen die vorhergehenden. Im gelben

Fieber steigt die Temperatur auf 38°,89, beim Wechselfieber von 41°,11 bis 42°,21, beim anhaltenden Fieber auf 42°,72.

Martiner beobachtete an sich selbst in einem Anfalle von Wechselfieber, daß die Wärme der Haut 41°,11 war, und daß die seines Blutes 41°,50 und selbst 42 haben mußte. Im Augenblicke des Fröstelns war die Wärme der Haut um 2 bis 3° höher, als im natürlichen Zustande. Er beobachtete auch die Temperatur verschiedener Körpertheile, nachdem sie entzündet waren, und zog daraus die Folgerung, daß am häufigsten die Wärme des Theiles eher vor, als nach der Entwicklung der Entzündung größer wurde, aber daß beinahe diese Wärme nie die gewöhnliche Temperatur des Thieres übersteige.

Von der Temperatur der Insekten in ihren Beziehungen zu den Respirations- und Cirkulations-Funktionen.

Versuche wurden schon lange über die Temperatur der Insekten angestellt, die in Gesellschaft leben, und eine höhere Temperatur, als die der umgebenden Luft haben; man beschäftigte sich jedoch in den neuesten Zeiten nur mit der Temperatur jedes Individuums in Beziehung auf die Respirations- und Cirkulationsphänomene. Es folgt aus den Versuchen von M. G. Newport, daß jedes Insekt insbesondere, und während es thätig ist, eine höhere Temperatur als die Atmosphäre besitzt, eine Temperatur, die sich von einem Orte zum andern ändert.

Das alte Versuchsverfahren besteht darin, eine gewisse Zahl von Insekten in ein Gefäß einzuschließen, worin ein Thermometer war. Auf diese Art fand John Davy, daß die Scarabeus pilularis, lampyris, blatta, grillus und apis eine etwas höhere Temperatur, als die umgebende Luft besäßen. Er

fand sogar, daß der Scorpion und der Tausendfuß eine niederere Temperatur, als die umgebende Luft besäßen. Newport bediente sich eines Thermometers von einem möglich kleinsten Kaliber, womit er nacheinander die Temperatur der Atmosphäre und die des Insektes maß, um vergleichbare Resultate zu erhalten. Die Insekten wurden so gelegt, daß die Oberfläche ihres Bauches sich gegen die Thermometerkugel kehrte. Das Insekt war lebendig, man brachte es zwischen die Zwingen einer mit Wolle bedeckten Pincette. Trotz den getroffenen Vorkehrungen, um das Insekt vor jedem äußeren Strahlen zu schützen, begreifen wir nicht, wie Newport sich gegen die durch die Hand der Pincette mitgetheilten Wärme verwahrte. Man kann es indessen leicht vermeiden.

Was die fliegenden und thätigen Insekten anbetrifft, so schloß sie Newport in eine kleine Phiole vermittelst der Pincette ein. Die Reibung der Ringe des Körpers des Insektes an der Thermometerkugel brachte nur eine unmerkliche Temperaturzunahme hervor; die thermoelektrischen Apparate würden mit weit besserem Erfolge angewandt worden sein. Wie dem nun auch sei, wir geben hier die mit dem Thermometer erhaltenen Resultate. Die Temperatur der Larve ist unter der des Insektes, wofern die beiden Individuen sich in einem ähnlichen Thätigkeitszustande befinden.

Die gemeine Biene, die Bombyx antophoræ u. s. w. haben in allen ihren Phasen eine höhere Temperatur, als andere Insekten, von ungefähr 1°,11 bis 2°,22 über dem umgebenden Mittel im Larvenzustande, während sie im vollkommenen Insektenzustande und in wirklicher Thätigkeit 3 bis 8 Gr. über den des Mittels haben, und sogar mehr, wenn sie stark gereizt werden. Die Zweiflügler zeigen in ihren verschiedenen Zuständen eine weit schwächere Differenz,

und scheinen nicht so viel Wärme, als die Hymenopteren zu haben; die Differenz ist noch größer bei den Lepidopteren, welche sich deßwegen den Hymenopteren nähern.

Ehe wir das, was die Temperatur der Insekten betrifft, schließen, wollen wir die Resultate mittheilen, welche erhalten wurden, als man zu gleicher Zeit bei dieser Bestimmung den thermoelektrischen Apparat und das Thermometer anwandte.

Die Temperatur des Zimmers, worin man operirte, war 22°,50; eine der Löthungen wurde längs der Schabe gebracht, die andere blieb in der Luft; man erhielt eine Temperatur-Differenz gleich 0°,75 zu Gunsten der Schabe.

Die Larve des Scharrkäfers gab eine Temperatur-Differenz von ungefähr 1½ Grad. Nachdem ein Thermometer mit Hülfe eines Einschnitts in das Insekt gebracht worden war, fand man gleichfalls eine Temperatur von 1°,50.

Der thermoelektrische Apparat gab in der Raupe des Seidewurmes 0°,87, und das Thermometer ungefähr 1 Grad, ein Resultat, das ziemlich übereinstimmend ist.

Unter den Lepidopteren befand sich eine sehr vorangeschrittene Larve von sphynx atropos, welche eine Temperatur von 1°,66 über der umgebenden Luft hatte, während, wenn das Thier in Ruhe ist, die Temperatur beinahe die der Atmosphäre ist; aber sie steigt, wie dasselbe thätig wird, und um so mehr, je thätiger es ist. In der Larve der sphynx- und der sovara ist die innere Temperatur ungefähr um 0°,27 bis 0°,55 höher, als die der äußeren. Nach Newport müssen sich die Coleopteren wie die Hymenopteren und die Dipteren verhalten. Nachdem er die Temperatur der Insekten im Puppenzustande untersuchte, welches eine Bedingung der absoluten Ruhe ist, so fand er, daß die Temperatur niederer, gleich oder

wenigstens wenig höher, als die des umgebenden Mittels ist; bei den Insekten, die keine Metamorphose erleiden, liegt die Temperatur wahrscheinlich zwischen der der Larve und der des vollkommenen Insektes. Das Insekt besitzt im vollkommenen Zustande die höchste Temperatur, und läßt sich sogar durch plötzliche Temperaturänderungen influiren.

Wenn das Insekt der Nahrung beraubt wird, so ist seine Temperatur unter der der Luft; sie sinkt durch die Unthätigkeit; ebenso verhält es sich während des Schlafes. Wenn die Temperatur der Atmosphäre sich ändert, so empfindet das Insekt die Wirkungen derselben, aber nicht so rasch, als wenn es in Thätigkeit ist. Die Ueberwinterung erzeugt dieselben Erscheinungen, wie die Ruhe. Die Reizung erhöht die Temperatur, wie man es leicht bei mehreren vereinten Individuen sehen kann. Die fliegenden Insekten haben die höchste Temperatur, voran stehen die Bienen, die Schmetterlinge, hierauf die Hornisse, die Wespen, sodann die Ameisen; man wußte bereits, daß die Temperatur einer Ameise 17 Gr. war, wenn die der Luft 10 Gr. betrug.

Nun kommen die Dämmerungsinsekten; an ihrer Spitze die Sphinxe und die Motten.

Was die Pflegebienen anbetrifft, fand Newport, daß die Weibchen im Brütestande die Fähigkeit haben, nach Belieben vermittelst der Respiration Wärme zu erzeugen; der folgende Versuch scheint überzeugend zu sein.

Die Temperatur des Wachsdeckels war 25°,40 um 8½ Uhr, die der Atmosphäre 22°,5, das Innere des Nestes in den Zellen, wo die Pflegebienen waren, zeigte 31°,77, eine halbe Stunde nachher 32°,33, da um 12 Uhr die Atmosphäre nicht mehr als 21°,22 betrug, so war die Temperatur der Pflegebienen nach dem Auskriechen 29°,44.

Man muß endlich aus Versuchen, deren Hauptresultat wir so eben anführten, schließen, daß die chemischen

Veränderungen der Luft während der Respiration die Hauptursache der thierischen Wärme sind, und daß die Wirkung des Nervensystems nur sekundär ist.

Von der Temperatur der Thiere mit kaltem Blute, indem man zu ihrer Bestimmung die thermoelektrischen Apparate und die Thermometer anwendet.

Der thermoelektrische Apparat, der bis jetzt zur Bestimmung der Temperatur der Thiere mit warmem Blute diente, kann bei den Thieren mit kaltem Blute angewandt werden; da diese Temperatur wenig von der der umgebenden Mittel verschieden ist, so kann man sich damit begnügen, eine von den Löthungen in dieses Mittel zu halten, indem man sie vermittelst eines Schirmes vor jeder Strahlung, von Seite der umgebenden Gegenstände schützt. Zu diesem Ende nimmt man zwei Kapseln aus Pappe, welche innen und außen mit Metallpapier überzogen sind, um das Reflexionsvermögen zu vermehren. An den beiden gegenüberliegenden Seiten dieser Kapseln sind Oeffnungen angebracht, welche die Hineinbringung der Nadeln gestatten. Man bringt die freie Nadel in eine von diesen Kapseln, indem man den Deckel offen läßt, und in die andere Kapsel die zweite Nadel die in dem Thier steckt, das dem Versuche unterworfen ist, folglich mit dem Thiere selber, hierauf werden die Kapseln zu gleicher Zeit geschlossen.

Da die beiden Nadeln Wärme erhalten können, welche sie entweder erlangt haben, oder die ihnen von den Händen des Experimentators mitgetheilt wurde, so muß man sie nur 5 bis 10 Minuten lang oder noch länger in Beziehung mit dem Multiplikator bringen, nachdem man aufgehört hat, sie zu berühren; jedesmal wenn eine Temperaturdifferenz zwischen den beiden Löthungen Statt findet, wird die Magnetnadel in eine gewisse

Entfernung getrieben, sodann nimmt sie nach einer gewissen Anzahl von Schwingungen eine feste Gleichgewichtslage an. Man muß den Abstandswinkel des ersten Impulses und den Abstandswinkel nach der Fixirung der Nadel notiren, weil, da dieser letztere sehr schwach und darum sehr schwer zu beobachten ist, die beide Winkel dazu dienen, sich gegenseitig zu controliren.

Da die Differenz zwischen den Temperaturen der Löthungen immer sehr schwach ist, so ist es unerläßlich, daß das thermoelektrische Vermögen der beiden Nadeln genau dasselbe ist, ohne dieses könnte man in Fehler gerathen. Da einige von den Thieren, mit welchen man operirte, sehr kleine Dimensionen haben, so muß man immer einen Vorrath von Nadeln zu seiner Verfügung haben, so daß man im Nothfalle mit Nadeln von $1/3$, $1/4$ oder $1/5$ Millimeter Durchmesser operiren kann.

Im Allgemeinen muß man es vermeiden, daß die Nadeln eine solche Dicke besitzen, daß, wenn man sie in die innern Theile der Thiere bringt, eine merkliche Abkühlung daraus entsteht. Nichts ist einfacher als sich davon zu überzeugen, wenn diese Abkühlung stattfindet. Man darf bloß beobachten, ob die Abweichung der Magnetnadel jedesmal constant bleibt, wenn die Luft oder das Mittel, in welchem man operirt, keine Veränderung erleidet.

Man muß sich wohl hüten, mit Fischen, Mollusken u. s. w. im Augenblicke, wo man sie aus dem Wasser nimmt, zu operiren, weil die Flüssigkeit, die an ihrer Oberfläche adhärirt, durch Verdunsten die Temperatur des Thieres erniedrigt. Man muß die Vorkehrung treffen, welche manchmal die Experimentatoren vernachlässigen, sich durch vorläufige Versuche zu überzeugen, ob die beiden Nadeln genau dasselbe thermoelektrische Vermögen haben. Man darf nur hintereinander jede Löthung in den Mund einer Person

bringen, deren Temperatur man zuerst mit großer Genauigkeit vermittelst eines Thermometers bestimmte. Wenn die Temperatur bei beiden dieselbe, und wenn ihr thermoelektrisches Vermögen gleich ist, so bleibt die Nadel immer auf Null; dies findet jedoch nicht immer Statt. Wir haben z. B. bei zwei Nadeln, welche identisch zu sein schienen und von denen jede in den Mund einer andern Person gelegt wurde, gefunden, daß, da die Temperatur des Mundes jeder Person dieselbe war, man immer eine Abweichung der Magnetnadel von 5° erhielt. Wir waren verpflichtet, in unseren Versuchen eine Correktion einzuführen, welche sich auf diese Differenz bezieht, und die sich mit der Temperatur, bei welcher man operirt, ändert; wir bestehen strenge auf allen den Vorkehrungen, um die Temperatur vermittelst thermoelektrischer Apparate zu bestimmen, denn wenn man sie vernachlässigt, so begeht man große Fehler. Die Experimentatoren müssen sich von den Vereinigungspunkten des Stahldrahtes entfernen, der die Communikation mit den beiden Stahlenden herstellt, denn es findet nie eine vollkommene Homogenität zwischen dem Stahl des Drahtes und dem der Nadeln Statt; die geringste Temperaturdifferenz zwischen diesen Vereinigungspunkten kann auf die Abweichung der Magnetnadel influiren. Um sich von der Genauigkeit der Resultate zu überzeugen, muß man sie so viel als möglich durch thermometrische Bestimmungen controliren; zu diesem Ende wendet man ein Thermometer mit sehr kleinem Gefäße und mikroskopischer Röhre an, um beinahe augenblickliche Angaben zu erhalten. Wir haben uns eines sehr empfindlichen Bellanischen Thermometers bedient, dessen Grade zwar einen kleinen Raum einnehmen, auf welchen aber die Wärme der Hand in einer Entfernung von zwei Decimeter wirkt. Gehen wir zu den Versuchen, welche wir gemeinschaftlich mit Flourens anstellten, über.

Von der Temperatur des Frosches.

Erster Versuch. Eine von den Löthungen wurde in die Mitte des linken Schenkels eines Frosches gebracht, die Löthung der andern Nadel blieb in der Luft, deren Temperatur 19°,25 und die von jedem Körper der Wärme strahlen konnte, entfernt war. In dem Augenblicke, wo die Kette geschlossen wurde, wurde die Magnetnadel auf 7° getrieben, und stellte sich nach einer gewissen Anzahl von Schwingungen auf 3°. Dieses Resultat zeigte eine Differenz von 0°,75 zu Gunsten des Froschschenkels an.

Zweiter Versuch. Man fing den ersten Versuch wieder an, indem man die Stelle der Nadeln änderte, d. h. indem man in den Schenkel die Löthung, welche sich vorher in der Luft befand, brachte und umgekehrt. Das Resultat war dasselbe.

Dritter Versuch. Eine der Nadeln wurde in den Darmkanal gebracht und ging bei der Kehle heraus; die andere Nadel blieb in der Luft. Die Abweichung gab eine Differenz von 0°,5 über die der Luft zu Gunsten des Darmkanals.

Vierter Versuch. Die Brust des Frosches wurde auf dieselbe Weise erforscht, und zeigte eine Differenz von 0°,75 Temperatur, die höher als die der umgebenden Luft war.

Die Resultate dieser vier Versuche zeigen, daß, wenn die Temperatur der Luft 19°,25 ist, die der inneren Theile des Frosches ungefähr 20° ist. Es war wichtig zu erfahren, ob man, wenn man den Frosch einer höheren Temperatur aussetzt, als 19°,25 die nämlichen Resultate erhalten würde. Das Thier wurde vier Stunden lang an einen Ort gebracht, dessen Temperatur 23°,75 war; man erhielt dieselben Resultate wie die vorher angegebenen.

Temperatur der Kröte.

Man experimentirte auf dieselbe Weise an den

Schenkeln, der Brust und dem Bauche einer Kröte; man erhielt die folgenden Resultate, welche ebenfalls eine leichte Differenz der Temperatur für alle diese Theile höher als die der umgebenden Luft ist, anzeigen:

In den Muskeln des Schenkels . .	0°,75
In der Brust	0 ,50
In den Schenkeln	0 ,75
Im Bauche	0 ,50

Die Mittelzahl dieser vier Resultate gibt 0°,62, was anzeigt, daß die Temperatur der Kröte ungefähr 19°,87 beträgt, wenn die der Luft 19°,25 ist.

Temperatur der Eidechse.

Die eine von den Löthungen ist in die Muskeln des unteren Theiles des Schwanzes gebracht worden, die andere ist in der Luft geblieben; die Magnetnadel wurde auf 10°,50 getrieben und ist bestimmt auf 5° stehen geblieben, was eine Abweichung von 1°,25 zum Vortheile des Thieres anzeigte; der Bauch gab nur 0°,75. Man fing wieder an und brachte abermals die Löthung an die Basis des Schwanzes; diesmal erhielt man nur ungefähr 1°. Die kleinen Verschiedenheiten, die man unter den Resultaten findet, rühren nur, wie man nachher sehen wird, von der Wärme her, welche dem Thiere von der Hand des Experimentators mitgetheilt wurde. Es möchte scheinen, daß die kaltblütigen Thiere sich sehr schnell mit der Temperatur des umgebenden Mittels ins Gleichgewicht stellen.

Temperatur der Blindschleiche.

Eine von den Löthungen wurde durch die Muskeln der Lendengegend nach der Richtung der Länge des Thieres gebracht. Die Nadel wurde auf 7° getrieben und blieb bestimmt auf 3°,50 stehen, demnach hatte dieser Theil eine Temperatur, die um 0°,87 höher als die der umgebenden Luft war; als eine

von den Löthungen durch den Körper gestoßen wurde, so erhielt man die nämliche Temperatur. Die Blindschleiche, welche 24 Stunden lang in einen Behälter gethan wurde, dessen Temperatur 23°,75 betrug, gab dem Apparate eine Differenz von 1° weiter.

Temperatur der Natter.

Die Muskeln dieses Thieres an dem Anfange des Schwanzes gaben eine Temperatur, die um 0°,75 höher als die der umgebenden Luft war. Die Bauchhöhle, die in der Hälfte der Länge des Körpers liegt, zeigte eine Differenz von 1° und die Herzgegend von 1°,25 an.

In einem Zimmer, wo die Temperatur 23°,75 betrug, gab die Natter in Beziehung auf ihr Inneres eine Differenz von 1°,35. Ein in den After gebrachter Thermometer gab ungefähr 2° an; da man aber genöthigt war, das Thier zu halten, so war es möglich, daß die Differenz zwischen dem Resultate, das der thermoelektrische Apparat anzeigte, und dem des Thermometers von der durch die Hand mitgetheilten Wärme herrührte.

Temperatur der Schnecke.

Man hat die Schale an zwei entgegengesetzten Punkten durchbohrt, um das Thier durchstechen zu können; beständig hat man eine Temperatur-Differenz von 0°,5 zu Gunsten desselben gefunden.

Man hat den Versuch mit einem Individuum angestellt, das man 40 Min. lang in der Hand gehalten hatte. Die Magnetnadel wurde auf 40° getrieben und stellte sich bei 25° ins Gleichgewicht, was eine Temperatur anzeigte, die ungefähr 8° höher war als die der umgebenden Luft und welche, da sie von der erlangten Wärme herrührte, nach und nach abnahm. Fünf Minuten nachher fiel die Magnetnadel auf 5°; nach zehn Minuten hatte die Nadel ihre

Lage nicht verändert. Wenn man den Versuch fortgesetzt hätte, so hätte sich die erlangte Wärme nach und nach zerstreut und man hätte sodann nur noch die weiter oben angegebene Temperatur gefunden. Um das Strahlen der äußeren Körper zu vermeiden, wurde die freie Löthung und die eingezwängte jede besonders in eine verschlossene Kapsel von Pappe gethan. Als die Schnecke mehrere Stunden lang in eine Temperatur von 23°,75 gebracht wurde, so zeigte sie nur eine Temperaturzunahme von 0°,4.

Temperatur der Muscheln, Mollusken und anderer Thiere bei ihrem Herauskommen aus dem Wasser.

Es ist äußerst schwer, die Temperatur dieser Thiere, wegen der Schichte Wasser, welche ihrer Oberfläche anhängt und welche sie bei ihrem Verdunsten beständig erkaltet, zu bestimmen. Da die Differenz zwischen der Temperatur ihrer inneren Theile und der der umgebenden Luft sehr schwach ist, so zeigen die Instrumente bisweilen für diese Theile eine Temperatur an, die geringer als die des Mittels ist.

Der folgende Versuch zeigt, mit welcher Leichtigkeit die Muscheln für die Abwechslungen der äußeren Temperatur empfänglich sind, was die Schwierigkeiten erklärt, auf die man bei Bestimmung der wirklichen Temperatur der Mollusken stößt.

Der thermoelektrische Apparat hatte eine Temperaturverschiedenheit von 1°,37 für eine Muschel angezeigt. Als das Thier mit seiner Muschel zwei Minuten lang zwischen den Fingern gehalten worden war, so gab der Apparat 2°,50 an; demnach kam die erste erhaltene Temperatur ohne allen Zweifel von der von der Hand mitgetheilten Wärme her. In einem Falle, wo das Thier ziemlich lang dem Versuche ausgesetzt blieb, um die erlangte Wärme

zu zertheilen, erhielt man eine Temperatur, die niederer als die der Luft ist, was sich aus den vorhergehend angegebenen Gründen erklärt. Die Versuche mit den Fischen, dem Krebse haben aus demselben Grunde oft entgegengesetzte Resultate gegeben. Demungeachtet meint man nach einem Versuche, der mit einer Schleie angestellt wurde und welcher eine Viertelstunde lang dauerte, daß dieser Fisch eine Temperatur haben müsse, die um 0°,50 höher als die der umgebenden Luft ist.

Temperatur der Reptilien aus der Menagerie des Museums der Naturgeschichte, die sich in einem Medium befanden, dessen Temperatur ungefähr 17°,50 betrug.

Ein Thermometer, der in den After der Aesculapsnatter gebracht wurde, zeigte eine Temperatur von 20°,60 an, was eine Differenz von 3°,10 zum Vortheile des Thieres angab.

Temperatur der Boa. Die Temperatur der Kiste, in welcher sich das Reptil befand, betrug 25°,6; sie wurde mit einem Thermometer gemessen, der auf die Decken gelegt wurde. Ein Thermometer, der in den After gebracht wurde, gab eine Temperatur von 28°,1 an.

Das Ausführliche, in das wir uns eingelassen haben, reicht hin, um die Methoden anzugeben, vermittelst deren man mit Genauigkeit die Temperatur der innern Theile des Menschen und der Thiere bestimmt; die Resultate, welche diese Ausführlichkeiten begleiten, werden uns in den Stand setzen, die erzeugenden Ursachen der animalischen Wärme zu erforschen. Um eine noch größere Menge von Belegen zu erhalten, führen wir die Temperaturbestimmungen verschiedener Thiere an, die von John Davy gemacht wurden.

Tabelle der Temperaturen verschiedener Thiere, die von John Davy beobachtet wurden.

Name des Thieres.	Temperatur in Centesimalgraden.	Umgebende Temperatur.	Ort der Beobachtung.
Säugethiere:	Grade	Grade	
Affe . . .	+ 39,7	+ 30	Colombo.
Schuppenthier .	26,7	27	ditto
Fledermaus .	37,8	28	ditto
Dieselbe . .	38,3	28	ditto
V. Vampyr .	37,8	21	ditto
Eichhörnchen .	38,8	27	ditto
Gemeine Ratte .	38,8	26,5	ditto
Gemeiner Hase .	37,8	26,5	ditto
Ichneumon . .	39,4	27	ditto
Tiger . . .	37,2	26,5	Kandy.
Hund . . .	39,0	"	ditto
Derselbe . .	39,6	"	ditto
Schakal . .	38,3	29	Colombo.
Gemeine Katze .	38,3	15	London.
Dieselbe . .	38,9	26	Kandy.
Panther . .	38,9	27	Colombo.
Pferd (arabische Race)	37,5	26	Kandy.
Hammel . .	39,3 bis 40,0	Im Sommer	Schottland.
Derselbe . .	39,5 bis 40,0	19	Vorgebirg der guten Hoffnung.
Derselbe . .	40,0 bis 40,5	26	Colombo.
Bock . . .	39,5	26	ditto
Ziege . . .	40,0	26	ditto
Ochs . . .	38,9	Im Sommer	Edinburg.
Derselbe . .	38,9	26	Kandy.
Weibliches Elenthier	39,4	25,6	Colombo.
Schwein . .	40,5	25,6	In Doombera.
Elephant . .	37,5	26,7	Colombo.
Meerschwein .	37,8	23,7	Im Meere; 8° 25′ N. Breite.
Vögel:			
Weihe . .	37,2	25,3	Colombo.
Eule . . .	40,0	15,6	London.

Name des Thieres.	Temperatur in Centesimalgraden.	Umgebende Temperatur.	Ort der Beobachtung.
	Grade	Grade	
Papagai . .	+ 41,1	+ 24	Kandy.
Dohle . .	42,1	31,5	Ceylon.
Gemeine Drossel	42,8	15,5	London.
Gemeiner Sperling	42,1	26,6	Kandy,
Gemeine Taube .	42,1	15,5	London.
Dieselbe . .	43,0	25,5	Colombo,
Dieselbe . .	43,5	25,5	ditto
Junglesisches Huhn	42,0	25,5	Ceylon.
Dasselbe . .	42,5	25,5	ditto
Gemeines Huhn .	42,5	4,5	Edinburg.
Dasselbe . .	43,3	25,5	Colombo.
Dasselbe . .	42,2	25,5	ditto
Alter Hahn .	43,3	15,5	ditto
Erwachsener Hahn	43,9	25,5	ditto
Huhn aus Guinea	43,9	25,5	Nahe bei Colombo.
Welscher Hahn .	42,7	25,5	ditto
Sturmvogel .	40,3	26	Im Meere; 2° 3′ N. Breite.
Kapscher Sturmvogel	40,8	15	ditto: 34° S. Breite.
Gemeine Gans .	41,7	25,5	Nahe bei Colombo.
Gemeine Ente .	43,9	25,5	ditto
Amphibien:			
Schildkröte . .	28,9	26	Im Meere; 2° 27′ N. Breite.
Dieselbe . .	29,1	32	Colombo.
Geometrische Schildkröte . .	16,9	16	Kap
Dieselbe . .	30,5	26,6	Colombo.
Rana ventricosa	25,0	26,7	Kandy.
Leguan . .	29,0	27,28	Colombo.
Schlange . .	31,4	27,5	ditto
Dieselbe . .	29,2	28,3	ditto
Dieselbe . .	32,2	28,3	ditto
Fische:			
Hai . . .	25,0	23,7	Im Meere: 8° 23, N. Breite;
Bonit, im Herzen	27,8	27,2	ditto; 1° 14′ S. B.

Name des Thieres.	Temperatur in Centesimalgraden	Umgebende Temperatur.	Ort der Beobachtung.
	Grade	Grade	
Derselbe in den inneren Muskeln .	+ 37,2	+ 27,2	ditto
Gemeine Forelle .	14,4	13,3	Bei Edinburg.
Fliegender Fisch	25,5	25,3	Im Meere; 6° 57′ N. B.
Mollusken:			
Gemeine Auster .	27,8	27,8	Bei Colombo.
Schnecke . .	24,6	"	Kandy.
Crustaceen:			
Krebs . .	26,1	26,7	Colombo.
Krabbe . .	22,2	22,2	Umgegend von Kandy.
Insekten:			
Käfer . . .	5,0	24,3	Kandy.
Leuchtwurm . .	23,3	22,8	ditto
Blatta orientalis	23,9	28,3	ditto
Dieselbe . .	23,9	23,3	ditto
Grille . . .	22,5	16,7	Kap.
Wespe . .	24,4	23,9	Kandy.
Scorpion . .	25,5	26,1	ditto
Julus . .	28,8	26,6	ditto

Von dem Vermögen des Menschen und der Thiere, den Wirkungen der äußern Temperatur zu widerstehen.

Alle Versuche, die über die Temperatur des Menschen und der Thiere angestellt wurden, beweisen, daß ihre Fähigkeit, Wärme zu erzeugen, nach der Klasse, zu welcher sie gehören, mehr oder weniger entwickelt ist; aus diesem Grunde hat man sie in zwei Klassen gebracht: die erste begreift die warmblütigen, die zweite die kaltblütigen Thiere. Die

ersteren besitzen eine Temperatur, die höher als die der umgebenden Luft oder des Wassers ist, in welchem sie leben; die andern haben eine Temperatur, welche von der der Luft nicht sehr verschieden ist. An der Spitze der ersten Klasse befinden sich die Vögel, sodann die Säugethiere und die Cetaceen; diese letzteren haben eine Temperatur, welche der Temperatur mehrerer andern Säugethiere gleich ist und sie sogar übersteigt; die Insekten und die Amphibien. In die zweite Klasse stellt man die Fische, die Mollusken und die Crustaceen.

Wenn das Wärmeerzeugungsvermögen in dem Menschen und den Thieren gut entwickelt ist, so besitzen sie doch nicht in einem ebenso auffallenden Grade das, einer äußern Wärme zu widerstehen; denn man hat gesehen, daß Menschen unter dem Aequator fast plötzlich starben, wenn die Temperatur 40 Gr. näher kam. Demungeachtet wollen wir an die Versuche Banks, Blagden's und Fordits erinnern, welche einige Augenblicke einer Temperatur von 52 Gr. C. ausgesetzt waren, ohne eine auffallende Veränderung in ihrer Temperatur zu finden, die wahrscheinlich nach der des Mundes bestimmt wurde.

Als sich Berger und Delaroche einer Temperatur von 49 Gr. aussetzten, so fanden sie, daß sich die ihrige um 4 Gr. vermehrte; als Delaroche allein in einer Schwitzstube von 90 Gr. sechzehn Minuten lang geblieben war, so hatte sich die seinige nur um 5 Gr. erhöht. Kapitän Parry berichtet, daß in den Polargegenden, wo die Temperatur niedriger ist, als die, bei welcher das Quecksilber gefriert, die Temperatur des Menschen nicht besonders modificirt werde. Dieser letztern Beobachtung wird von John Davy und einigen Andern widersprochen, welche behaupten, daß die thierische Temperatur von den Polen zum Aequator zunehme.

Wir haben uns gemeinschaftlich mit Breschet da-

mit beschäftigt, mit den thermo-elektrischen Apparaten zu untersuchen, wie verschieden die Temperaturen der Muskeln seien, wenn der Körper einer Temperatur ausgesetzt wird, welche 40 Gr. übersteigt. Die Versuche sind in den Bädern von Loueck mit Hülfe Seguin's, eines Zöglings der Medicin, angestellt worden, der sich unseren Versuchen mit einer Aufopferung für die Wissenschaft hingab, die über alles Lob erhaben ist. Die Temperatur, welcher er ausgesetzt wurde, betrug 42 Gr. C.; der Sorel'sche Apparat gab 35,50 an: eine von den Löthungen wurde daran angebracht und die andere an dem zweiköpfigen Muskel des rechten Arms. Die Abweichung der Magnetnadel betrug alsdann 12 Gr. zu Gunsten des Muskels, was eine Temperatur von 36,70 für diesen letzteren anzeigte. Seguin, der sich in dem Bade von 42 Gr. befand, blieb zwanzig Minuten darin; die Abweichung der Magnetnadel wechselte von 12 bis 13, bis 14 Gr., je nachdem die Nadel dem Wasser mehr oder weniger genähert wurde. Die Temperatur der Muskeln vermehrte sich also um $^3/_5$ bis $^2/_3$ Grade. Bei dem Herausgehen aus dem Bade kehrte die Abweichung der Magnetnadel wieder auf 12 Gr. zurück, wie zuvor. Seguins Puls schlug in dem Bade 112mal in der Minute. Man erhielt das nämliche Resultat mit einem jungen Zimmermanne aus Tyrol, der eine kräftige Körperconstitution hatte.

Wir wollten die Versuche aus Besorgniß, die Gesundheit der Personen, die sich dazu hergaben, aufs Spiel zu setzen, nicht weiter treiben; wir haben sie aber zu Paris bei einer Temperatur, die etwas niederer als 49 Gr. war, mit Hülfe Seguin's und Costille's wiederholt. Eine von den Löthungen wurde in Costille's Mund gelegt, dessen mit dem Thermometer gemessene Temperatur 37,50 Gr. betrug, die andere in den zweiköpfigen Muskel des rechten Arms von Seguin. Die Abweichung der Magnetnadel betrug 2 Gr.

zu Gunsten des Mundes, was eine Temperatur von 37,10 für den Muskel anzeigte. Seguin wurde in ein Bad von 42,50 Gr. gebracht und blieb zwanzig Minuten darin. Die Temperatur des Muskels änderte sich nicht, weil die Abweichung der Magnetnadel dieselbe blieb.

Wir können aus den beobachteten Thatsachen schließen, daß die von Delaroche erhaltenen Resultate, der sich bei einem Versuche in eine Badstube von 109 Gr. gestellt hatte, zum Theile von den Phänomenen des Athmens herrühren, welche die Temperatur des Mundes modificiren.

Wir wollen die Versuche betrachten, die man anstellte, um die Fähigkeit der lebendigen Körper zu erklären, der Wärme zu widerstehen. Franklin nahm an, daß diese Erscheinung von der Verdunstung herrühre, welche die Haut- und Lungenrespiration bewirke.

Delaroche brachte, um diese Vermuthung zu prüfen, Thiere in ein Medium, das dergestalt mit Feuchtigkeit gesättigt war, daß keine Verdunstung darin stattfinden konnte. Diese Thiere konnten, ohne umzukommen, nur eine Wärme ertragen, die etwas höher als die ihrige war und haben sich erhitzt, wie wenn sie kein Mittel mehr hätten, sich abzukühlen. Franklins Behauptung schien also durch den Versuch gerechtfertigt.

Demnach muß man, um die thierische Wärme recht genau zu bestimmen, die umgebende Temperatur und Feuchtigkeit in Anschlag bringen, und den Wärmegrad der verschiedenen Theile nehmen.

Edwards' äußerst interessante Versuche haben einiges Licht über die Ursachen verbreitet, welche die Temperatur der Thiere modificiren.

Die Temperatur kleiner, neugeborner, säugender Hunde ist beinahe der ihrer Mutter gleich gefunden worden. Wenn das Thier eine oder zwei Stunden

lang von seiner Mutter entfernt ist, so findet man, daß bei der Temperatur von 10 bis 12 Gr. der Luft die eigenthümliche Temperatur sehr sinkt und daß dieses Sinken fortdauert, bis es bei einer gewissen Anzahl von Graden über der umgebenden Temperatur stehen bleibt.

Der Mangel an Nahrung trägt zu dieser Erscheinung nichts bei, die auch bei andern Thieren stattfindet. Nach Edwards möchte es scheinen, daß die Wärmeerzeugung bei den jungen und bei den erwachsenen Thieren dieselbe ist, daß aber, da die Bedingungen des Erkaltens, welche von der Hülle abhängen, bei zwei Körpern nicht die nämlichen sind, eine eigenthümliche verschiedene Temperatur daraus entspringe. So muß z. B. das Kaninchen, das mit einer fast nackten Haut auf die Welt kommt, sich schneller abkühlen, als die neugebornen Katzen oder Hunde. Die Verschiedenheit der Hülle ist aber nicht die einzige Hauptursache der Abkühlung, wie man dies dadurch beweist, daß man sie mit einer künstlichen Hülle umgibt. In diesem Falle kühlen sie sich noch bei demselben Grade ab, nur geht die Abkühlung langsamer von Statten. Edwards ist dadurch zu der Annahme gebracht, daß das Sinken der Temperatur von der Mindererzeugung von Wärme in einer gegebenen Zeit herrühre.

Die Vögel, welche im Allgemeinen eine 2 bis 3 Gr. höhere Temperatur als die Säugethiere besitzen, zeigen gleichfalls ein Sinken der Temperatur bei den Erwachsenen, wenn sie isolirt sind. Junge Vögel kühlen sich schnell ab und ihre Temperatur sinkt in Zeit von einer Stunde von 36 auf 19 Gr. und dies in einem Mittel, dessen Temperatur ungefähr 22 Gr. beträgt. Diese Erscheinung rührt, wie bei den jungen Säugethieren, davon her, daß die jungen Vögel nicht eben so viele Wärme erzeugen, als die erwachsenen.

Die Jahreszeiten scheinen keinen Einfluß auf die Temperatur auszuüben; Edwards hat keine Differenz in der Temperatur der warmblütigen Thiere im Sommer und im Winter beobachtet.

Als er nichtüberwinternde Thiere derselben Art im Sommer und Winter in die nämlichen Abkühlungsverhältnisse versetzte, so erhielt er bei seinem Verfahren mit fünf erwachsenen Sperlingen die folgenden Resultate: „Es findet eine beträchtliche Veränderung in der Constitution dieser Thiere durch den Einfluß der Jahreszeiten Statt; die anhaltende Erhöhung der Temperatur vermindert ihr Vermögen, Wärme zu erzeugen, während der entgegengesetzte Zustand der Atmosphäre dasselbe erhöht, wenn nur die Kälte nicht zu streng ist." Wir wollen jetzt alles bereits Gesagte in Erwägung ziehen, um zu zeigen, wie man bei dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft die Erzeugung der thierischen Wärme ins Auge fassen müsse.

Von den Ursachen, welche zu Erzeugung der thierischen Wärme beitragen.

Die Physiker, welche sich ehemals mit dieser wichtigen Frage beschäftigten, haben angenommen, daß eine wirkliche Verbrennung in den Lungen stattfinde; sobald als der eingeathmete Sauerstoff der Luft mit dem Venenblute in Berührung ist, so läßt dieses einen Theil seines Kohlenstoffs und vielleicht Wasserstoff fahren, um Kohlensäure und Wasser zu bilden, woraus Wärme entspringt. Diese Meinung, welche von Priestley, Lavoisier, Davy, Dulong, Despretz 2c. ausgesprochen wurde, ist heutzutage aufgegeben; es war aber nicht hinreichend, die erzeugende Ursache der Wärme zu kennen, man mußte auch noch zeigen, wie sie sich gleichförmig in alle Theile des Körpers so verbreitet, daß jeder von ihnen eine constante

Temperatur besitzt, die von seiner Lage in Beziehung auf das Herz abhängt, wenn keine äußere Ursache ihre Gleichgewichtslage stört.

Um diese Vertheilung der Wärme zu erklären, nahm man zu Voraussetzungen seine Zuflucht; man nahm an, daß der größere Theil der Wärme, welche bei dem Respirationsakte frei wird, unmittelbar von dem arteriellen Blute, dessen Wärmecapacität größer als die des Venenblutes ist, absorbirt werde. Da sich diese Wärme in dem arteriellen Blute im latenten Zustande befindet, so wird sie in dem Laufe der Cirkulation in dem Verhältnisse freie Wärme, als sich das arterielle Blut in Venenblut verwandelte. Crawford's Versuche über die Verschiedenheit zwischen der Wärmecapacität des arteriellen und des Venenblutes hatten dieser Theorie zur Basis gedient; aber von dem Augenblicke an, wo man fand, daß diese Versuche nicht genau waren, wurde diese Theorie, die nur auf einer Hypothese beruhte, aufgegeben.

Wir wollen diese Frage wieder aufnehmen und zu ihrer Lösung alle Angaben, welche die Wissenschaft uns liefern kann, mitwirken lassen. Wenn man auf die Ursachen zurückkommen will, aus welchen die thierische Wärme entspringt, so muß man damit anfangen, die Wärmemenge zu erforschen, welche in einer gegebenen Zeit von jedem Individuum hervorgebracht wird, um zu sehen, bis auf welchen Punkt die während der Respiration hervorgebrachten chemischen Erscheinungen die frei gewordene Wärme erklären können. Der Calorimeter Lavoisier's, dessen er sich selbst zuerst zu derartigen Versuchen bediente, ist der passendste Apparat. Wir wollen eine Beschreibung von demselben, so wie er von Despretz modificirt wurde, geben, indem wir zugleich die Experimentirweise anzeigen, die bei Ausarbeitung eines Werkes über die thierische Wärme angewandt wurde, welches Werk von der Akademie der Wissenschaften gekrönt

wurde, und den Leser darauf aufmerksam machen, daß dieser Physiker sich nicht gegen die Erscheinungen des Abkühlens verwahrt zu haben scheine, das ein Thier im Zustande der Ruhe erleidet, wenn es sich in einem Medium befindet, dessen Temperatur niedriger als die seinige ist. Dieser Apparat besteht aus drei Haupttheilen:

1) aus einem Gasometer, der dem Thiere die zum Athmen erforderliche Luft liefert; 2) aus einer Kiste oder Schachtel, worin sich das Thier befindet, und aus einem zweiten Gasometer, der das ausgeathmete Gas aufnehmen soll. Fig. 16, Taf. VII. stellt diese drei Theile, so wie die verschiedenen Nebentheile des Apparates vor. A Behälter der zum Einathmen bestimmten Luft, welcher sorgfältig graduirt ist. H und F Seitenröhren, die dazu bestimmt sind, das Volumen der Gase erkennen zu lassen. Z Thermometer. I Manometer, wodurch man die Temperatur und die Elasticität des Gases erkennen soll; a Trichter, der über dem Gasometer steht und vermittelst der Verbindung mit einer Wanne L, welche selbst ihr Wasser aus einem großen Cylinder p erhält, beständig voll Wasser erhalten wird. Wenn man Gas herauslassen will, so öffnet man den Hahnen des Trichters a; das Wasser treibt im Herabfallen das Gas in die Röhre R; vermöge der getroffenen Einrichtungen ist, so lange als das Abfließen dauert, die Geschwindigkeit des Gases immer dieselbe; alle Vorkehrungen sind getroffen, damit die Gasometer keinen Theil Gas entweichen lassen. Ein Käfig von Weidenholz steht in der Kiste, um das Thier von den kupfernen Wänden zu trennen.

Ein Thermometer q und ein anderer t geben die Temperatur der Luft bei seinem Ein- und Ausgange aus der Kiste an. Die Luft wird nach seinem Athmen in einem Gasometer C aufgefangen, der aus einem großen gußeisernen Cylinder besteht, ungefähr

einen Fuß im Durchmesser hat und in dessen Innerm sich ein hölzerner Cylinder von zwei Decimetern befindet; der Raum zwischen diesen beiden Cylindern ist mit Quecksilber ausgefüllt und der gußeiserne Cylinder durch einen Deckel aus demselben Metalle verschlossen. Der hölzerne Cylinder steckt in einer andern beweglichen kupfernen Höhlung; der erste taucht gleichfalls in das Quecksilber ein; in dem Verhältnisse aber, als das Gas in sein Inneres gelangt, hebt er ein Gegengewicht v auf, das aus einem leeren Eimer besteht, der sich nach und nach vermittelst eines zweiten mit Wasser angefüllten Eimers füllt, mit welchem er durch einen engen Heber in Verbindung steht.

Die Lineale F und D, die in gleiche Theile eingetheilt sind, geben genau das Volumen des Gases zu erkennen. Die Biegsamkeit der bleiernen Verbindungsröhre C T macht es dem kupfernen Cylinder möglich, aufzusteigen, ohne daß irgend ein Theil des Apparates verrückt wird. Hölzerne Träger α β γ sind dazu bestimmt, die bleierne Röhre zu unterstützen.

Mit Hülfe des Manometers erkennt man, ob der innere Druck des Gasometers derselbe ist, wie der äußere. So wie das Gas des Behälters A vertrieben ist, so mißt man das Volumen des eingeathmeten Gases, dessen Temperatur man durch den Thermometer x kennt. Durch das Schließen der Hahnen und durch einen Druck auf den kupfernen Cylinder jagt man durch die Röhre L das Gas, welches man über Quecksilber in einem Luftverdichtungsmesser auffängt, um es der Analyse zu unterwerfen. Der Rauminhalt des Gasometers beträgt 50 bis 60 Liter.

In dem von Dulong gebrauchten Apparate wurde das Gas in einem mit Wasser angefüllten Gasometer aufgefangen, wo es gegen die auflösende Wirkung

der Flüssigkeit durch einen Schwimmer geschützt war, während in dem Despretz'schen Apparate das Gas unmittelbar über Quecksilber aufgefangen wird, wodurch jede Veranlassung zu einem Irrthume wegfällt.

Wenn man die Wärme, welche von einem warmblütigen Thiere in einer gegebenen Zeit entwickelt wurde, mit der Wärme vergleicht, welche von der Kohlensäure und dem Wasser entwickelt wurde, die während des Athmens desselben Thieres in der nämlichen Zeit gebildet wurden und sich auf die Resultate des Versuchs stützt, nämlich: daß 1 Kilogramm Kohle beim Verbrennen 7914 Gr. Wärme, 1 Kilogramm Wasserstoff 23640 Gr. entwickelt, so findet man bei Analysirung des ausgeathmeten Gases, daß außer dem Sauerstoffe, der zu Bilduug der Kohlensäure verwandt wurde, ein anderer Theil dieses Gases, der bisweilen, in Beziehung auf den ersten, sehr beträchtlich ist, auch verschwindet, und daß dieses Verschwinden bei den jungen Thieren größer ist, als bei den erwachsenen; 2) daß bei dem Athmen der fleisch- und früchtefressenden Säugethiere, so wie bei dem der Vögel ein Ausathmen von Stickstoff stattfinde, und daß die Menge des ausgeathmeten Stickstoffes bei den fruchtfressenden größer ist, als bei den fleischfressenden; 3) daß bei der Entwicklung der thierischen Wärme das Athmen bei den fleischfressenden eine minder beträchtliche Menge Gesammtwärme erzeugt, als bei den fruchtfressenden; daß es sich ebenso bei den Vögeln im Vergleiche mit den Säugethieren verhält, und daß bei dem Athmen der Frösche gleichfalls Stickstoffentwicklung stattfinde; daß endlich das Athmen, obgleich es eine Ursache der Entwicklung der thierischen Wärme ist, doch nicht die einzige ist, und daß man sie in der Bewegung des Blutes, in dem Reiben verschiedener Theile oder in dem Nervensysteme suchen müsse. Dulong fand seinerseits, daß das Athmen nicht die Gesammtwärme erkläre. Wir

führen hier einen von den Versuchen Despretz's an, aus welchen er die vorhergehenden Folgerungen ableitete.

Mehrere Jahre altes Kaninchenweibchen.

Dauer des Versuchs, 1 Stunde 36 Min. Volumen der gelieferten Luft

bei 8,27 Gr. = 47,993 Lit. { 10,079 Lit. Sauerstoff
37,914 Lit. Stickstoff.

Nach dem Versuche

47,852 Lit. { 3,076 Kohlensäure
6,023 Sauerstoff
38,743 Stickstoff.

Gebildete Säure . . . . 3,076 Lit.
Entwickelter Stickstoff . . . . 0,829 „
Verschwundener Sauerstoff . . 0,980 „

Verschwundener Sauerstoff = $\frac{1}{3}$ Liter der gebildeten Säure = $\frac{1}{4}$ des Totalverbrauchs an Sauerstoff.

Entwickelter Stickstoff = $\frac{4}{3}$ des verschwundenen Sauerstoffes = $\frac{8}{31}$ der gebildeten Säure.

Despretz erklärt auf folgende Weise diese Resultate:

Die Wassermasse, welche sowohl in der kupfernen Kapsel, als auch in der verbraucht wurde, in welcher sich das Thier befand, war 25387,5 Grammen gleich. Da diese Wassermasse eine Temperaturerhöhung von 0°,703 erhalten hatte, so folgt daraus, daß 25387 multiplicirt mit 0°,703 die Gesammtmenge der Wärme anzeigen wird, welche von dem Thiere während des Versuches gegeben wurde; diese Menge wird durch 100 vorgestellt.

Man bestimmt die Wärmemenge, die sich bei Bildung der Kohlensäure in derselben Zeit entwickelt, indem man sich erinnert, daß 1 Gramm Kohlenstoff in seiner Verbindung mit dem Sauerstoffe um kohlensaures Gas zu bilden, eine Wärmemenge entwickelt, die im Stande ist, 7914 Gramme Wasser

um einen Grad zu erhöhen. Da nun die Zusammensetzung der Kohlensäure bekannt ist, so hat man den Kohlenstoff, der dazu kommt und demnach die Wärme, welche durch das Verbrennen des Kohlenstoffes des Venenblutes in den Lungen entwickelt wird. Bei Anstellung dieser Berechnung findet man, daß diese Wärme das $^{682}/_{1000}$ der von dem Thiere hergegebenen Gesammtwärme ist. Der Versuch zeigt überdies, daß 0,980 Lit. Sauerstoff verschwunden sind, um wahrscheinlich Wasser zu bilden. Da die Zusammensetzung des Wassers bekannt ist, so kann man leicht die Menge des verbrannten Wasserstoffes bestimmen: da nun ein Theil Wasserstoff dem Gewichte nach beim Verbrennen 23640° Wärme entwickelt, so folgt daraus, daß diese Wärme $^{212}/_{1000}$ der thierischen Wärme ist.

Kurz zusammen genommen hat man:

Thierische Wärme		100,0
Wärme von der Bildung der Kohlensäure	68,2	89,4
Wärme von der Bildung des Wassers	21,2	
Differenz		10,6.

Lavoisier hatte in einer zweiten Denkschrift über das Athmen gleichfalls angenommen, daß, da nicht der absorbirte Sauerstoff ganz zu Erzeugung der Kohlensäure verwandt werde, ein Theil sich mit dem Wasserstoffe des Blutes zu Bildung von Wasser verbinden müsse.

Bei einem andern Versuche, den Despretz mit sechs jungen, vierzehn Tage alten Kaninchen anstellte, hat er folgende Resultate erhalten:

Thierische Wärme		100,0
Wärme von Bildung der Kohlensäure	68,5	82,1
Wärme von Bildung des Wassers	23,6	
Differenz		17,9.

Bei allen Versuchen war die Wärme des Athmens nicht über $^7/_8$ und nicht unter $^9/_{10}$ der Wärme, welche von dem Thiere herrührte. Das Verhältniß $^7/_1{}^0$ ist nur von sehr jungen Thieren gegeben worden, die bisweilen einen Theil ihrer eigenthümlichen Wärme verloren.

Despretz's Versuche führen auf folgende Schlüsse:

1) Von 20 Jahren an bis in das höchste Alter hat der Mensch eine Temperatur, die man als ziemlich constant ansehen darf.

2) Die neugeborenen 1 bis 2 Tage alten Kinder haben eine Temperatur, welche ungefähr 2 Grad höher als die des Mannes ist.

3) Der erwachsene Mensch hat eine höhere Temperatur, als die der Kinder und es verhält sich eben so mit den erwachsenen im Vergleiche mit den jungen Thieren. Die vorhergehenden Versuche machen die Grundthatsache zwar wohl augenscheinlich, daß das Athmen durch Lungen den größten Antheil bei Erzeugung der thierischen Wärme habe; man fragt sich aber sogleich, ob die Reaktion des Sauerstoffes der eingeathmeten Luft auf den Kohlenstoff des Blutes in den Lungen selbst, oder auf dem Wege der arteriellen Gefäße stattfinde; damit wollen wir uns sogleich beschäftigen; zuerst müssen wir aber die Versuche anführen, welche zu Bestreitung der angenommenen Respirationstheorie angestellt wurden. Brodi suchte im Jahre 1811 zu beweisen, daß, wenn man ein Thier köpft und das Athmen durch künstliche Mittel erhält, das Blut wie gewöhnlich cirkulire; es bildet sich in den Lungen die nämliche Menge Kohlensäure und doch nimmt die Wärme bei diesem Thiere schneller ab, als bei einem andern derselben Art, das getödtet aber keinem künstlichen Athmen unterworfen wurde. Er zog daraus mehrere Folgerungen, welche alle zu beweisen suchten, daß das Athmen nicht als der unmittelbare Akt der Wärme angesehen werden

dürfe; Legallois widerlegte aber diese Lehre, indem er bewies, daß das Köpfen das Nervensystem schwäche, dessen Wirken nicht unterdrückt werden könne, ohne daß eine Störung in dem ganzen Haushalte stattfinde. Er schloß aus den Versuchen, die er anstellte, indem er das Erkalten, welches bei den geköpften Thieren eintritt, die man durch Einblasen in die Lungen lebend erhält, mit demjenigen verglich, das während der nämlichen Zeit nach dem Tode bei Thieren derselben Art und von demselben Gewichte stattfindet, daß 1) die Thiere, deren Leben man, nachdem sie geköpft worden waren, gewissermaßen verlängert, wie man beobachtet hatte, beträchtlich erkalten, daß sie aber sehr oft eine Temperatur behalten, die um 3° C. höher als die der todten Thiere ist; 2) daß das Einblasen in die Lungen das bei ganzen und gesunden Thieren angewandt würde, hinreichend wäre, ihre Temperatur zu erniedrigen, und daß es möglich wäre, ein Thier durch Kälte zu tödten, wenn man die Operation eine gewisse Zeit lang fortsetzt; kurz daß Alles, was das Athmen beengt, oder unnatürlich macht, eine ähnliche Wirkung hervorbringt. Diese letzte Folgerung wird auch wirklich durch die Thatsache bestätigt, daß ein Thier, das man auf dem Rücken liegend erhält, bald erkaltet, und daß man es auf diese Weise durch Kälte tödten kann.

Legallois fand ferner, daß die Luft, welche so weit verdünnt wurde, daß der Barometer um 30 Cent. sank, hinreichen würde, die Temperatur eines Thieres zum Fallen zu bringen. Die Kälte, welche man auf hohen Bergen empfindet, dürfte daher nicht der Temperatur der Atmosphäre, wohl aber einer inneren Ursache zugeschrieben werden, die mit der Art und Weise, wie das Athmen vor sich geht, in Verbindung zu setzen wäre. Wir wollen überdies Thatsachen anführen, welche den nervösen Einfluß auf die Wärmeentwicklung bei dem Akte des Athmens beweisen.

Wenn man das Gehirn eines Thieres verletzt oder zerstört, oder dasselbe mehr oder weniger durch energische Gifte lähmt, so schwächt man die Wirkung des Nervensystems so, daß man sie gänzlich aufhebt und das Thier erkaltet bis zum Tode. Der nervöse Einfluß bei Erzeugung der Wärme ist somit genügend bewiesen.

Chosset hat auf eine ganz besondere Weise den Einfluß des Nervensystems auf die thierische Wärme dargethan. Wir wollen demnach die Hauptresultate seiner Forschungen angeben: 1) Wenn ein Hund in einem Bade bei einer Temperatur von — 26° stirbt, so findet man bei der Besichtigung eine fast vollständige Vernichtung der Muskelreizbarkeit und der peristaltischen Bewegung. 2) Bei einem Thiere, das in Folge der Oeffnung des Rückenmarks an Ohnmacht starb, brauchte die Temperatur, welche im Augenblicke des Todes 40°,5 betrug, vierthalb Stunden, um von 40° auf 31°,7 zu sinken, und sieben Stunden, um auf die Temperatur von 23°,9 zu kommen. 3) Wenn man Verletzungen im Gehirne durch drei verschiedene Mittel hervorbrachte, welche das Athmen durchaus nicht unterbrachen und die Lunge unter dem Einflusse des achten Paares ließen, so folgte in den drei Fällen der Tod zwölf Stunden nachher mit allen Kennzeichen des Todes durch Kälte und dem nämlichen Gange in dem Erkalten darauf. 4) Wenn man den Schnitt in den pneumogastrischen Nerven machte, so war das Sinken der Temperatur zehnmal schneller, als bei den Versuchen, die sich auf die Gehirnverletzungen bezogen. Daraus schloß Chosset, daß nach dem Durchschneiden des achten Paares die Wärmeerzeugung immer, obgleich in geringerer Menge so lange vor sich gehe, als die Temperatur des Körpers 32° übersteigt; unter diesem Punkte erkaltet der Körper, wie ein gewöhnlicher Cadaver. 5) Alle Schnitte, die in dem Gehirntheile des Rückenmarks gemacht werden, geben die nämlichen

Resultate. Man findet auch wirklich in der ganzen Ausdehnung dieses Theils das nämliche mittlere Sinken der Temperatur wieder, als wenn man Verletzungen im Gehirne bewirkte. Dieses Resultat zeigt, im Widerspruche mit der Ansicht Brodie's, daß man die thierische Wärme nicht so ansehen dürfe, als wäre sie unmittelbar von dem Gehirne abhängig. 6) Die Schnitte in dem Rückentheile des Rückenmarkes zeigen, daß die Temperatur im Allgemeinen um so weniger schnell abnehme, als der Schnitt in einem weiter unten liegenden, zwischen dem Wirbelknochen befindlichen Raume angebracht wurde, und daß man, da das Sinken um so schneller vor sich geht, als der Schnitt eine größere Anzahl von Nerven lähmt, dieser Lähmung, die ziemlich regelmäßige Abnahme der Temperatur, welche bei den ersten Versuchen beobachtet wurde, zuschreiben müsse. Kurz, Chosset's Versuche zwecken dahin ab, den Einfluß des Durchschneidens des achten Paares auf die thierische Wärme zu zeigen.

Wir wollen die Erörterung der Thatsachen fortsetzen.

Das Athmen ist unstreitig die Hauptursache der Erzeugung der thierischen Wärme; seine Wirkungen enthüllen uns zwei allgemeine Thatsachen, die Absorption des Sauerstoffes der eingeathmeten Luft und die Ausdünstung der Kohlensäure. Der Sauerstoff erzeugt bei seiner Verbindung mit dem Kohlenstoffe des Blutes oder der Gewebe, Wärme und gibt kohlensaurem Gase, das frei wird, das Entstehen. Es findet also eine wirkliche Verbrennung Statt. Aber wo wird diese bewirkt? Geschieht es bloß in den Lungen oder in allen Theilen des Organismus? dies wollen wir jetzt aus dem physischen und physiologischen Gesichtspunkte untersuchen.

Zahlreiche Versuche haben dargethan, daß alles, was die Wirkung der Nerven schwächen, den Reichthum des Blutes verarmen und die Umwandlung des arteriellen Blutes in Venenblut entkräften könne, gleichfalls

die Wärmeerzeugung bei dem nämlichen Individuum und in einer gegebenen Zeit vermindere. Der Einfluß der nervösen Wirkung ist vorher bewiesen worden; in Beziehung auf den des Reichthums des Blutes hat man gefunden, daß, je mehr dasselbe feste Theilchen Faserstoff und Kügelchen enthalte, desto höher seine Temperatur sei; daher besitzen die Vögel, deren Blut 14 bis 15 Procent von diesen Kügelchen enthält, während die Säugethiere nur 12 haben, die höchste Temperatur; dagegen enthält das Blut der kaltblütigen Thiere nur 6, und demnach haben sie auch eine weit geringere Temperatur als die Säugethiere.

Man wird jetzt den Einfluß der Umwandlung des Venenblutes in arterielles begreiflich finden; dies ist eine so einfache physico-chemische Erscheinung, daß man sie nur zu nennen braucht. Alles zweckt dahin ab, die Wärmeerzeugung der Wirkung zuzuschreiben, welche das arterielle Blut auf die Gewebe unter dem Einflusse der oben angegebenen Ursachen ausübt. Diese Erzeugung scheint überall stattzufinden, wo es Gewebe gibt und nicht bloß in den Lungen, wo man ehemals glaubte, daß eine wahre Oxydirung bewerkstelligt werde.

Dies ist auch wirklich das Mittel, zu erklären, wie alle Theile trotz den unaufhörlichen Ursachen zu Wärmeverlusten, welche in den umgebenden Mitteln stattfinden, ihre eigenthümliche Temperatur behalten können. Da auf der andern Seite in dem ganzen Organismus chemische Reaktionen vorfallen und diese Wärme entwickeln, so muß diese zu der lokalen Temperatur mitwirken. Daher muß auch in den Theilen, wo das Leben weniger thätig ist, wo das Blut weniger kräftig cirkulirt, die Wärmeentwicklung weniger reichlich sein; die Organe, welche am weitesten vom Herzen entfernt sind, sind diejenigen, deren Temperatur die niedrigste ist. Sobald sich nur die Kohlensäure in den Geweben gebildet hat, so wird sie von dem venösen Blute absorbirt, das dieselbe in die Lungen schafft, von wo

aus dieses Gas vertrieben und durch den Sauerstoff ersetzt wird: das Athmen ist demnach, wie man sieht, die Hauptursache der thierischen Wärme. Folgende Thatsachen lassen in dieser Beziehung keinen Zweifel übrig.

Man hat die alte Theorie des Athmens aufgegeben, welche darin bestand, daß man das Venenblut so ansah, als wandle es sich unter Bildung von Kohlensäure in arterielles Blut um, welches Blut im Verlaufe der Cirkulation wieder Venenblut werde, um die nämliche Umwandlung aufs Neue zu erleiden, seitdem man erkannt hat, daß die Kohlensäure schon ganz gebildet in dem Venenblut vorhanden ist, und daß sie an der Oberfläche der Lunge ausgeathmet wird, während der Sauerstoff der Luft, und eine geringe Menge Stickstoff von eben diesem Organe absorbirt und in dem Venenblute aufgelöst werden, welches alsdann alle auszeichnenden Merkmale des arteriellen Blutes erlangt. Edwards und Magnus Forschungen haben dazu gedient, diese neue Theorie zu begründen. Dieser letztere bewies, daß das Blut die Eigenschaft besitze, eine gewisse Menge der Gase aufzulösen, mit welchen man dasselbe in Berührung bringt, daß es ferner, wenn es mit einem Gase gesättigt ist, und man dasselbe ein anderes absorbiren lassen will, einen gewissen Theil des ersteren fahren läßt. Wenn also das Venenblut in eine Flasche mit Wasserstoffgas gebracht wird, so entwickelt sich kohlensaures Gas, das durch eine entsprechende Menge Wasserstoffgas ersetzt wird; mit Sauerstoff erhält man ein ähnliches Resultat, alsdann aber verliert das Blut seine dunkelrothe Farbe, um die zinnoberrothe anzunehmen, welche dem arteriellen Blute eigenthümlich ist; man erhält also durch ein mechanisches Mittel, außer dem Lebenseinflusse die Umwandlung des venösen Blutes in arterielles. Es scheint jetzt erwiesen, daß das Athmen bloß eine Erscheinung der Absorption und der Ausdünstung

ist, in Folge derselben das Venenblut, sowie es mit der Luft in Berührung kommt, seine Kohlensäure abtritt, und an ihrer Stelle Sauerstoff aufnimmt. Dies sind die strengen Folgerungen, die man aus den Versuchen ableiten kann, welche bis jetzt in der Absicht angestellt wurden, auf die Ursachen zurückzukommen, welche zu Erzeugung der thierischen Wärme beitragen; zu Ergänzung dieser Frage bleibt uns jetzt nichts mehr übrig, als die Meinung de la Rive's über den elektrochemischen Ursprung der thierischen Wärme anzugeben. Die Beziehungen, welche zwischen den elektrischen Kräften und denjenigen stattfinden, nach welchen sich die mannigfaltigen organischen Verrichtungen der Thiere und der Pflanzen richten, sind schon der Gegenstand einiger unserer Forschungen gewesen. Diese Frage ist, man muß es gestehen, eine der verwickeltsten, deren Lösung die angewandte Physik sich vornehmen kann. Sind die Lebenskräfte elektrischer oder chemischer Natur? Wird der Organismus nicht von Kräften sui generis regiert. oder ist nicht das Leben selber, was das Wahrscheinlichste ist, das Zusammenwirken aller dieser Kräfte? Diese letztere Ansicht wird immer in diesem Werke die herrschende sein.

Bisher ist das elektrische Fluidum in dem Studium der physiologischen Erscheinungen nur als erregende Kraft, die Contraktionen in dem Muskelsysteme hervorbringt, oder auch als chemisches Agens betrachtet worden, das auf irgend eine Weise die Wirkungen der Organe, so wie die Absonderung modificirt, welche die Folge davon sind. In dem ersten Falle hat man gefunden, daß es wie die Reibung, die Säuren und andere Agentien, nur mit mehr Energie wirke und in dem zweiten, daß es mit Vortheil oder mit Nachtheil gegen die Lebenskräfte ankämpfe, je nachdem sein Wirken dahin strebt, die Wirkung dieser Kräfte und die Bildung der Ausscheidungen oder anderer Produkte zu begünstigen oder zu hemmen. Die innigen

Verhältnisse, welche zwischen der Elektricität und der Wärme bestehen, sind so beschaffen, daß man sie zu Hülfe nehmen kann, wenn man es versuchen will, auf die Ursachen der Wärmeentwicklung bei den chemischen Wirkungen im Allgemeinen, und insbesondere bei den Lebenserscheinungen zurückzukommen.

Es ist durch den Versuch gehörig begründet, daß, wenn die Elektricität bei ihrer Fortpflanzung in den Körpern auf Hindernisse stößt, die einen Theil derselben aufzuhalten im Stande sind, da, wo sich diese Hindernisse vorfinden, Wärmeerzeugung stattfindet und umgekehrt tritt bei der Fortpflanzung der Wärme, wenn sie ein Hinderniß antrifft, das sich ihrer freien Cirkulation widersetzt, eine Trennung der beiden Elektricitäten ein, die durch ihre Wiedervereinigung ein neutrales Fluidum bilden, das allem Anschein nach nur das Element der Wärme und der Elektricität ist. Dies sind die Principien, welche den theoretischen Ansichten, von denen wir sogleich sprechen werden, zur Grundlage dienten.

De la Rive hat die Frage aus diesem Gesichtspunkte betrachtet. Er geht von dem Grundsatze aus, daß, wenn man vermittelst eines Conduktors die beiden Endpunkte einer Säule vereinigt, jedesmal Wärmeentwicklung stattfinde, wenn die entwickelte Elektricität nicht frei cirkuliren kann, und dies um so mehr, je ein schlechterer Leiter der Körper ist. Wenn das Blut in die Lungen kommt, so ladet es sich mit Sauerstoff, den es in der Cirkulation an die Substanzen abtritt, welche einer Oxydirung fähig sind. Wenn es unter diesen Substanzen einige gibt, wovon die einen mehr, die andern weniger oxydirbar sind und sie durch sehr feine Fasern, wie z. B. die äußersten Nervenfasern vereinigt sind, die nicht nur vermöge ihrer Natur im Zustande des Lebens das elektrische Fluidum zu leiten, sondern auch wegen ihrer Kleinheit seinen Weg zu beengen im Stande sind, werden wir auf diese Weise

nicht eine Reihe einfacher Volta'scher Apparate erhalten, welche überall Wärme hervorbringen, wo arterielles Blut ist, um Sauerstoff zu liefern; werden wir nicht zwei animalische Substanzen von verschiedener Natur und Fasern bekommen, welche diese Substanzen vereinigen? Es wird also in dem ganzen Körper überall, wo Nerven und Arterien sind, Wärmeerzeugung stattfinden. Diese Ansicht ist, wie man sieht, nur eine Anwendnng der seit langer Zeit in der Absicht aufgestellten Theorie zu zeigen, daß die Wärme einen elektrischen Ursprung habe; wenn dieser Ursprung gehörig begründet sein wird, so wird man sich genöthigt sehen, ihn gleichfalls für die thierische Wärme anzunehmen. Die Darstellung, welche wir so eben von den hauptsächlichsten Erscheinungen in Beziehung auf die Erzeugung dieser letztern gegeben haben, wird hinreichend sein, einen ziemlich vollständigen Begriff von dem Zustande unserer Kenntnisse über einen der wichtigsten Theile der Physik in ihrer Anwendung auf die Physiologie zu geben.

Von der eigenthümlichen Temperatur der Pflanzen.

Wir finden hier die Anwendung des Princips wieder, daß überall, wo Leben ist, Wärme erzeugt werde. In den letzteren Zeiten hatte man sich mit der Wärme der Pflanzen nur in einigen Fällen der Blüthe abgegeben, wo eine Ausstrahlung von Wärme stattfand, welche mit den gewöhnlichen Thermometern bestimmt werden konnte; damals fehlten die Apparate, um die Wärme in allen Theilen der Pflanze zu untersuchen. Man hatte z. B. bemerkt, daß das Arum vulgare zu einer bestimmten Zeit ihres Blüthestandes Wärme entwickele, und das Phänomen bei jeder Samenhülle nur einmal stattfinde; daß es gegen drei Uhr Nachmittags anfing, gegen fünf Uhr sein Maximum er-

reichte und gegen sieben Uhr aufhörte; seine Temperatur betrug ungefähr 7° über die umgebende. Man wußte ferner, daß das Arum cordifolium von Isle de France eine Temperatur von 44° und sogar von 49° erreichte, während die der Luft 19° betrug. Diese Wärmeausstrahlung konnte nur einer großen Thätigkeit in der Verbindung des Sauerstoffes der Luft mit dem Kohlenstoffe der Pflanze zugeschrieben werden. Diese und andere ähnliche Versuche sind mit dem gewöhnlichen Thermometer angestellt werden. Man hat in einigen Fällen sogar das Thermoskop angewandt, wodurch es möglich wird, eine Temperaturerhöhung von einem Bruche eines Grades zu beobachten; auf diese Weise fand Saussure, daß die männlichen Blüthen von Cucurbita meilopepo zwischen 7 und 8 Uhr des Morgens eine Erhöhung von $\frac{1}{2}$ Grade; die Blüthen von Bignonia radicans von einem Grade, die der Tuberose von $\frac{1}{10}$ Grade zeigen u. s. w.

Wir wollen uns einen Augenblick bei den hauptsächlichsten physischen und chemischen Wirkungen, welche bei einer Pflanze bewirkt werden, verweilen, um zu sehen, welches die allgemeinen Wärmeerscheinungen sind. Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Pflanzen durch Vermittlung der Blätter athmen und daß alsdann, während dieses wichtigen Aktes des vegetabilischen Lebens, wie in dem dem des animalischen, Wärmeentwicklung stattfinden müsse. Es muß also, während der Zersetzung des kohlensauren Gases, unter dem Einflusse des Sonnenlichtes, so wie während der Bildung der verschiedenen Produkte, welche man in den Pflanzen findet, Wärmeerzeugung eintreten; auf der andern Seite aber findet in Folge der Verdunstung eines Theiles des absorbirten Wassers und der Ausdünstung des Sauerstoffes in der Sonne ein Sinken der Temperatur Statt. Man kann die Differenz zwischen der Erhöhung und dem Sinken der Temperatur nur mit thermo-elektrischen Apparaten,

wenigstens in den allermeisten Fällen, erkennen, weil diese Differenz, wie man später sehen wird, sehr schwach ist, und nur durch außerordentlich delikate Apparate bestimmt werden kann. Man hat indessen einige mit einem Thermometer angestellte Beobachtungen gesammelt, aber bloß in den Fällen, wo die beobachteten Differenzen einige Grade betrugen. So fand J. Hunter, welcher einen Thermometer in ein schiefes Loch von 30 Centimeter Tiefe steckte, das in einen Nußbaumstamm von 2 Meter und 40 Centimeter im Umfange gemacht worden war, nachdem er die Mündung des Stammes verkittet hatte, daß sein Instrument im Herbste 2 bis 3 Gr. mehr angab, als die umgebende Luft; aber nichts beweist, daß diese Differenz von der eigenthümlichen Wärme des Baumes herrühre, weil, da das Holz, besonders in der Richtung des Schnittes, der senkrecht auf dem Stamme ist, ein sehr schlechter Wärmeleiter ist, das Innere des Stammes nur sehr schwer an den Temperaturveränderungen der Atmosphäre Theil nehmen kann. Diese Erklärung ist durch die Beobachtungen bestätigt worden, welche zu New-York von Schöpf, in Schweden von Birkander angestellt wurden, und welche beweisen, daß von dem Herbste bis zum Frühlinge die Temperatur des Baumes höher ist, als die der umgebenden Luft, und daß vom Frühlinge bis zum Herbste der umgekehrte Fall eintritt. Diese Thatsachen sind auch noch an andern Lokalitäten bestätigt worden.

Ein anderer Versuch, der von Hermbstädt herrührt, unterstützt, während er das Dasein einer centralen Wärme in den Pflanzen bekräftigt, die vorhin ausgesprochene Meinung. Dieser Beobachter sah, wie im Monat Januar der Saft, welcher im flüssigen Zustande aus den Ahornstämmen, die man angebohrt hatte, herauskam, sogleich gefror, wie er der Luft ausgesetzt wurde. Es gibt noch eine andere Ursache,

welche auf die innere Temperatur einen Einfluß ausübt, als die Schwierigkeit, mit welcher das Innere des Baumes zu kämpfen hat, sich mit dem umgebenden Mittel in ein Temperaturgleichgewicht zu setzen; diese Ursache ist von Decandolle angegeben worden. Wir werden sogleich davon sprechen, weil sie uns dazu dienen soll, die Schwierigkeiten kennen zu lehren, auf die man bei den Forschungen, in Beziehung auf die eigenthümliche Temperatur der Pflanzen, stößt.

Das Wasser, welches von den Wurzeln eingesogen wird und das senkrecht in dem Stamme aufsteigt, hat den Grad der Temperatur, den der Boden in der mittleren Tiefe der Baumwurzeln besitzt; es ist also wärmer als die Luft im Winter und kühler im Sommer; indem es in den Stamm kommt, sucht es unaufhörlich, ihn in der kalten Jahreszeit zu erwärmen und ihn im Vergleiche mit der Luft in der warmen Jahreszeit abzukühlen. Wenn man dem noch die Erscheinungen beifügt, welche von August de la Rive und Adolph Decandolle beobachtet wurden, daß nämlich das Holz ein schlechterer Leiter der Quere als der Länge nach ist, so ist es begreiflich, wie es zugeht, daß das Aufsteigen des Saftes den Mittelpunkt des Stammes beständig in ein Temperaturgleichgewicht mit dem Boden setzt, während der Bau des holzigen Körpers von der Peripherie gegen den Mittelpunkt hin den Stamm abhält, sich schnell mit der umgebenden Luft ins Gleichgewicht zu stellen. Augenscheinlich geht daraus hervor, daß die Temperatur in dem Innern des Stammes der des Bodens, in welchem sich die Wurzeln befinden, analog, das heißt wärmer als die Luft im Winter und kälter im Sommer sein müsse. Es ist also bei Bestimmung der Pflanzenwärme von der höchsten Nothwendigkeit, diese störende Ursache und die bereits angegebenen Ursachen in Anschlag zu bringen, denn sonst läuft man Gefahr, ihnen einen Theil der eigenthümlichen

Wärme der Pflanzen, das heißt die zuzuschreiben, welche von den in den innern Theilen der Pflanzen stattfindenden Verarbeitungen herrühren. Wenn man ferner bemerkt, daß die Ausdünstung im Winter, in Folge des Mangels der Blätter und der weit größeren Leichtigkeit, mit welcher die Sonne die Stämme bescheint, wenn sie von eben diesen Blättern nicht mehr beschattet werden, geringer ist, so bekommt man einen Begriff von den Vorkehrungen, die getroffen werden müssen, um die innere Temperatur der Pflanzen zu untersuchen.

Von den thermo-elektrischen Apparaten, zu Erforschung der wärmeerregenden Erscheinungen der Pflanzen.

Diese Apparate bestehen, wie die, welche zu Erforschung der thierischen Wärme angewandt wurden, aus zwei gemischten Nadeln, von welchen jede 1) aus einer Nadel aus Stahl und einer andern aus Kupfer zusammengesetzt ist, und welche an einer ihrer Spitzen zusammengelöthet sind; 2) aus einem sehr empfindlichen thermo-elektrischen Multiplikator und einem Stahldrathte, der sich an beiden Enden in eine Spirale endigt, die dazu dient, die Verbindung zwischen den Stahlenden einer jeden gemischten Nadel herzustellen, während die Kupferenden mit dem Multiplikator in Verbindung stehen. Die Experimentirweise ist die nämliche, wie bei der animalischen Wärme, außer daß man zur constanten Temperatur die der Luft annimmt, und sich gegen das Strahlen der äußern Gegenstände verwahrt. Der folgende Versuch wird sogleich die Wichtigkeit dieser Vorkehrungen darthun.

Der Stamm eines Strauches wurde mit einem sehr feinen Bohrer durchbohrt, um die Löthung einer von den Nadeln hineinzubringen, während die andere

Löthung in der freien Luft blieb; die hineingebrachte Nadel wurde bald nachtheilig verändert, wenigstens der Stahl, und es entstand daraus ein elektro-chemischer Strom; um diese Wirkung zu vermeiden, überzog man die Nadeln mit mehreren Schichten Firniß aus Gummilack. Was die andere Löthung anbetrifft, die sich in der Luft befand, so war sie einem Strahlen von Seite der umgebenden Gegenstände ausgesetzt, an welchem die Löthung keinen Theil nahm, die auf allen Seiten von dem holzigen Gewebe eingehüllt war. Es entsprangen daraus dergestalt complicirte Erscheinungen, daß die Magnetnadel des Multiplikators nicht in Ruhe blieb. Um diesem Nachtheile zu begegnen, fanden wir kein anderes Mittel, als die freie Löthung in einen Stamm zu bringen, der von demselben Strauche abgelöst und von derselben Dicke war, und der, da er dem vegetabilischen Leben nicht mehr unterworfen war, gegen die Wirkungen des Strahlens, das auf beiden Seiten dasselbe war, schützte. Auf diese Weise konnte man die wärmeerregenden Erscheinungen beobachten, welche von den Verarbeitungen des Saftes und von den Wirkungen der Verdunstung herrühren; aber nichts ist einfacher, als diese beiden Wirkungen zu unterscheiden, d. h. dem organischen Leben und der Verdunstung seinen Theil anzuweisen. Man verfährt nach Dutrochet auf die folgende Weise:

Man fängt zuerst damit an, die Verdunstung des Saftes, welches ein Erkalten zur Folge hat, wegzuschaffen. Im Allgemeinen ist diese Vorkehrung unerläßlich; bei dem Versuche aber, den wir angestellt hatten, war sie überflüssig, weil der Ast, der frisch von der Pflanze abgenommen worden war, in seinem Innern merklich die nämliche Menge Saft haben mußte, wie der lebende Ast, so daß in den ersten Augenblicken des Versuchs die von dem Galvanometer angezeigten Erscheinungen nicht mit denen des Er-

kaltens, das durch die Verdunstung hervorgebracht wurde, verwirrt werden konnten.

Dutrochet nahm eine große Flasche, die mit einem Korkstöpsel verstopft war und in welcher sich ein wenig Wasser befand. Die beiden Löthungen der thermoelektrischen Kette waren in dem Innern dieser Flasche angebracht; die eine derselben befand sich in einem Pflanzentheile, der durch Eintauchen in heißes Wasser getödtet und sodann abgekühlt worden war; die andere wurde in einen vollkommen ähnlichen, aber lebenden Pflanzentheil gesteckt. Die Nadeln waren mit Gummilack überzogen, um sie gegen das Oxydiren und die Einwirkung der Säuren zu verwahren; vermittelst dieser Einrichtung nahm der abgestorbene Theil die umgebende Temperatur der Atmosphäre an, während der lebendige Theil eben diese Temperatur annehmen mußte, welche von der durch das Verdunsten hervorgebrachten Kälte frei geworden war.

Nach Dutrochet beträgt diese Wärme $\frac{1}{4}$ Gr. in ihrem Maximum; in den meisten Fällen ist sie aber nur $\frac{1}{8}$ Grad, oder sogar $\frac{1}{10}$ oder $\frac{1}{12}$ Grad. Die Versuche sind mit jungen Pflanzenstämmen, wenn ihr Mark noch grün ist, in Blüthenknospen, in Blättern, wenn sie dick genug sind, daß man die Nadel hineinstecken kann, wie bei den Blättern der Fettpflanzen, angestellt worden. Ueberdies verschwindet diese Wärme bei Nacht oder bei einer künstlichen Dunkelheit, und kommt unter dem hinlänglich fortdauernden Einflusse des Lichtes wieder zum Vorschein; die eigenthümliche Wärme der Knospen und der Blüthen bleibt bei Nacht. Endlich nimmt, je höher die äußere Temperatur ist, die eigenthümliche Wärme der Pflanzen zu; man muß die Beobachtungen über + 15 Gr. und noch besser über 20 anstellen, und um die Stunde des Tages, wo es am wärmsten und am hellsten ist, erreicht die eigenthümliche Wärme der Pflanzen ihr Maximum.

Dutrochet hat das Dasein der Pflanzenwärme in den Wurzeln, in den Früchten und sogar in den Samenembryonen (die dicken, grünen Kotyledonen geben sich leicht zu dieser Beobachtung her), in den Pilzen, in den Blüthenknospen nachgewiesen; diese letztern zeigen nur dann eine Wärme, wann die Löthung in dem Ovarium angebracht ist. Dies sind die vorzüglichsten Beobachtungen, welche bis jetzt über die Temperatur der Pflanzen angestellt wurden. Wir wollen einige Bemerkungen in dieser Beziehung machen: die in den vorhergehenden Versuchen erhaltenen Resultate sind so schwach und der Apparat gibt bisweilen Anzeigen, welche von fremden Ursachen herrühren, die man nicht immer auffassen kann, wenn man den Apparat nicht vollkommen kennt, daß es wünschenswerth wäre, daß die Versuche noch vielmal wiederholt würden, um ganz gewiß zu sein, daß die allgemeinen Resultate in die Physiologie aufgenommen werden können.

Von der Temperatur der Blüthen.

Die thermo-elektrischen Apparate können gleichfalls dazu angewandt werden, die Temperatur der Blüthen zu messen, wie dies Vanbeck und Bergmann gezeigt haben, die sich zweier Nadeln bedienten, wovon die eine aus einem Platindrahte, die andere aus einem Stahldrahte bestand, und welche an dem einen ihrer Ende zusammengelöthet waren, während die anderen Theile durch eine Platte von Elfenbein getrennt und die freien Ende mit einem Multiplikator in Verbindung waren. Die Nadel war in einer horizontalen Lage befestigt, um ihre Spitze in einen beliebigen Theil des Kolben bringen zu können. Ein daneben angebrachter Thermometer gab die Temperatur des umgebenden Mittels und demnach die der nicht eingezwängten Theile an; Schirme waren

aufgestellt, um jeder äußeren Strahlung vorzubeugen. Man erhielt die folgenden Resultate: 1) die Wärmeentwicklung in den Blüthen der Colocasia odorata findet auf der ganzen sichtbaren Oberfläche des Kolben, obgleich mit einer verschiedenen Intensität, in seinen mannigfaltigen Theilen Statt; 2) nach der Entfaltung der Blüthenscheide tritt eine Wärmeentwicklung bei den männlichen Blüthen in einem höheren Grade ein, als die der anderen Theile des Kolbens zu derselben Zeit ist; 3) zur Zeit der Ausstreuung des Pollen zeigt sich eine Wärmezunahme in den männlichen fehlgeschlagenen Blüthen, welche den fleischigen oder drüsigen Kegel des Kolben bilden, während die Temperatur abnimmt, indem sie sich der der Atmosphäre nähert. Die Wärmeentwicklung dieses Theils begründet eine einzige Periode von mehreren Tagen, während die der männlichen fehlgeschlagenen Blüthen mehrere abgesonderte und besondere Perioden bis zum Absterben des Theiles zeigt. Endlich ist in jeder dieser Perioden diese Entwicklung auf der Oberfläche der männlichen Blüthen wie auf der der fehlgeschlagenen männlichen Blüthen gleichförmig.

Die so eben angeführten Thatsachen beweisen hinlänglich, daß in dem vegetabilischen wie in dem animalischen Leben Wärmeerzeugung stattfinde, auf welche eine große Menge von Ursachen einen Einfluß äußert, welche in Erwägung gezogen werden müssen, wenn man nicht von einigen unter ihnen, die mehr Wärme, als das vegetabilische Leben selbst erzeugen, zu einem Irrthum verleitet werden will.

Viertes Buch.

Von dem Lichte.

Erstes Kapitel.

Von dem Sonnenlichte.

Wir dürfen das Licht nicht aus demselben Gesichtspunkte wie in den physikalischen Lehrbüchern betrachten, in welchen man mit der größten Ausführlichkeit Alles vorträgt, was seine allgemeine Eigenschaften und Gesetze betrifft; indem man zum Studium der ersteren und zu Bestimmung der letztern die mathematische Analyse und die Resultate des Versuchs beitragen läßt. In diesem Werke wollen wir uns vorzüglich mit der Erzeugung dieses Agens unter allen Umständen, wo sie stattfindet, so wie mit seinen physischen, chemischen, wärmeerregenden, phosphorischen Eigenschaften und den Anwendungen derselben beschäftigen und denselben Weg, wie bei den andern imponderablen, bereits beschriebenen Agentien einschlagen.

Wenn man die Zahl der Quellen des natürlichen oder künstlichen Lichtes, das wir auf unserer Erde sehen oder auf derselben in Wirkung setzen können, betrachtet, so finden wir, daß diese Zahl im Vergleiche mit der der leuchtenden Körper, die zu Myriaden in den Himmelsräumen verbreitet sind, sehr

beschränkt ist. Um sich davon zu überzeugen, darf man nur den Himmel in einer schönen Nacht betrachten, um über die unendliche Zahl der mehr oder weniger glänzenden Punkte, mit denen er besäet ist und welche der Glanz der Sonne uns bei Tage zu sehen verhindert, erstaunt zu sein.

Die Sonne, die sich im Mittelpunkte unseres Planetensystems befindet, sendet auf allen Seiten, ohne Unterbrechung und mit einer unglaublichen Schnelligkeit, Ströme von Lichtstrahlen aus, welche alle Körper beleben, die in Menge auf der Oberfläche der Erde verbreitet sind. Diese Strahlen führen in dem Raume nicht bloß die Fähigkeit mit sich, zu erleuchten und gewisse Körper leuchtend zu machen, sondern sie haben auch noch das Vermögen, zu erwärmen und eine Menge chemischer Reaktionen, die Quellen des Lebens hervorzubringen, Eigenschaften, ohne welche die Erde dunkel, kalt und alles Lebens beraubt sein würde.

Das Studium des Lichts, aus dem vierfachen Gesichtspunkte seiner erleuchtenden, erwärmenden, chemischen und phosphorischen Eigenschaften betrachtet, gehört also in das Gebiet der angewandten Physik, weil es die Physik, die Chemie, die Physiologie auf eine ganz gleiche Weise interessirt. Dem ungeachtet kann in diesem Buche nur von den Erscheinungen die Rede sein, die sich auf die Erzeugung des Lichtes beziehen, indem die, welche die wärmeerregenden und chemischen Wirkungen betreffen, nur bei der Abhandlung über die Wirkung der imponderablen Agentien auf die Körper vorgetragen werden können. Wir wollen uns also mit den Quellen des Lichtes beschäftigen, welche unseren Forschungen unterworfen werden können, und mit der Sonne anfangen, deren Licht uns zum Typus in Beziehung auf die andern Lichter dienen soll. Wir werden sodann von den Quellen des künstlichen Lichts, von den phosphores-

zirenden Körpern, endlich von den Himmelskörpern sprechen, die man nur dann als leuchtende Körper untersuchen kann, nachdem man sich alle Kenntnisse verschafft hat, welche erforderlich sind, um Induktionen über die Natur ihres Lichtes daraus abzuleiten.

Woher mag denn wohl diese außerordentliche Menge Licht kommen, welche beständig der Sonne entströmt, ohne daß ihre Masse seit so vielen Jahrhunderten die geringste nachtheilige Veränderung erlitten hat? Muß man sie bloß als einen glühenden Körper betrachten, und kann man mit den Mitteln, die uns zu Gebote stehen, die Ursache dieses beständigen Glühens erforschen? Wir wollen es versuchen, diese beide Fragen zu beantworten, wenn wir die verschiedenen Quellen des künstlichen Lichtes werden kennen gelernt haben.

Um das Licht, das irgend einer Quelle entströmt, zu analysiren, muß man nicht bloß auf seine Zusammensetzung, sondern auch auf seine Natur Rücksicht nehmen, das heißt, wissen, ob es reflektirt oder gebrochen ist, wovon man sich vermittelst der Polarisationserscheinungen überzeugen kann. In Beziehung auf das farbige Licht, so kann dies von der Zerlegung des Lichts bei der Brechung, von der farbigen Polarisation oder von Interferenzerscheinungen herrühren. Man muß also bei Untersuchung der Lichtquellen, alle Ursachen, welche das Licht modificiren können, in Erwägung ziehen. In der historischen Einleitung, die sich im ersten und zweiten Theile befindet, haben wir alles zusammengenommen, was den gegenwärtigen Zustand unserer Kenntnisse über Reflexion, Brechung, Polarisation und die Interferenzen des Lichtes betrifft; es wäre also zwecklos, in diesem Augenblicke wieder darauf zurückzukommen; es würde eine doppelte Arbeit sein: da nun jener kurzgefaßte Inhalt so vollständig als möglich ist, so verweisen wir den Leser darauf.

Maß der Intensität des direkten Lichtes.

Das Divergiren der von einem leuchtenden Punkte ausgehenden Strahlen leitet auf das Gesetz von der Intensität des Lichtes im Verhältnisse zu der Entfernung, welches so lautet: die Intensität des Lichtes steht im umgekehrten Verhältnisse mit dem Quadrate der Entfernung. Bei einer gedoppelten Entfernung erhellt wirklich die nämliche Menge von Strahlen eine vierfache Oberfläche, demnach muß die Intensität viermal schwächer sein, u. s. w.; was die Intensität des reflektirten oder gebrochenen Lichtes anbetrifft, so ist das Gesetz complicirter. Es ist überflüssig, desselben hier zu erwähnen, da wir uns jetzt unmittelbar mit dem direkten Lichte beschäftigen.

Um auf eine wissenschaftliche Weise die verschiedenen Lichtquellen zu studiren und sie zu klassificiren, muß man damit anfangen, die Intensitäten des Lichts mit einander zu vergleichen, und sodann ihre Zusammensetzung untersuchen; es ist alsdann leicht, diejenigen aufzufinden, welche einen gemeinschaftlichen Ursprung haben können oder nicht und wie weit zwei Lichter für identisch gehalten werden dürfen. Die zu dieser Vergleichung bisher angewandten Verfahrungsarten geben nur genäherte Verhältnisse und können ferner nur dann dienen, wenn die beiden Lichter die nämliche Farbe haben; das gewöhnlichste Verfahren besteht darin, daß man einen undurchsichtigen Körper, wie z. B. eine Stange von mittlerer Größe hinter die beiden Lichter, welche in Beziehung auf den Beobachter ein gleiches Volumen haben und so nahe als möglich an eine weiße Pappe stellt, auf welcher man die beiden Schatten auffängt, um die Halbschatten zu vermeiden; jeder Schatten wird zum Theil von dem, dem andern Schatten entsprechenden Lichte er=

hellt. Man sucht sodann den Schatten durch Veränderung der relativen Entfernungen der beiden Lichter in Beziehung zu der Pappe die nämliche Intensität zu geben. Nun führt die Gleichheit der Intensität der Schatten nothwendig die der Lichter mit sich; und da die Intensitäten derselben im direkten Verhältnisse des Quadrats ihrer Entfernung von den Schatten stehen, so ist es leicht, das gesuchte Verhältniß daraus abzuleiten.

Wenn die beiden Lichter dieselbe Farbe haben, so ist es begreiflich, daß man bei geringer Gewandtheit die Gleichheit der Schatten ziemlich genau bestimmen könne, und wenn der Versuch überdies von zwei Personen nacheinander angestellt wurde, so erhält man Resultate, deren mittlere Zahl ohne besonders auffallende Fehler der gesuchte Werth sein wird.

Wollaston bediente sich dieser Methode, um das Licht der Sterne und der Planeten mit der Sonne zu vergleichen; er fing damit an, das Licht der Sonne mit dem einer Kerze in einem dunklen Zimmer mit Hülfe der Intensität der Schatten zu vergleichen, die auf ein Blatt weißer Pappe von einem undurchsichtigen Cylinder geworfen wurden, der auf der einen Seite von einem Sonnenstrahle, der durch eine kleine kreisrunde, in einer Kupferplatte gemachte Oeffnung hereindrang, und auf der andern Seite von einer Kerze beleuchtet wurde, die so gestellt war, daß die beiden Schatten gleiche Intensität besaßen.

Wenn man mit H den Durchmesser der Oeffnung, mit D die Entfernung dieser Oeffnung von dem Schirme in englischen Zollen berechnet, mit c die Entfernung der Kerze von dem Schirme im Augenblicke der Gleichheit der Schatten, d. h. wenn das Licht dem der Sonne gleich wird, mit x die Intensität des Sonnenlichtes bezeichnet, so ist der Werth dieses letztern durch die Formel angegeben:

$$x = \left\{ \frac{12\,D}{cH} + 2\ \text{Tang. des halb. Sonnendurchm.} \right\}^2$$

Das Mittel von zwölf Versuchen gab $x = 5563$, d. h. bei gleichem Volumen hat das Sonnenlicht eine 5563mal größere Intensität, als das einer Kerze.

Als Wollaston auf dieselbe Weise das Licht des Mondes mit dem einer Kerze verglich, so fand er, daß es $\frac{1}{144}$mal schwächer war, als das letztere, das in eine Entfernung von 12 Fuß gestellt wurde; demnach ist das Sonnenlicht im Vergleiche mit dem des Mondes gleich 5563 $\left(\frac{144}{12}\right)^2$ oder 801072, wenn das des Mondes 1 ist.

Als Bouguer eine andere Methode anwandte, so fand er ein fast ähnliches Resultat. Nach ihm ist das Sonnenlicht gleich 11664 Wachslichtern in einer Entfernung von 16 französischen Zollen, oder 5774 Wachslichtern, die in der Entfernung von einem englischen Fuße aufgestellt sind. Was das Licht des Mondes im Vergleiche mit dem der Sonne anbetrifft, so ist die Differenz beträchtlich, weil er ihm einen Werth von $\frac{1}{300000}$, statt $\frac{1}{801072}$ beilegt, der von Wollaston gefunden wurde.

Als dieser letztere das Licht der Sonne mit dem der Sterne vergleichen wollte, so erfand er eine andere sehr einfache Methode, wovon wir einen Begriff zu geben versuchen wollen. Dieser geschickte und sinnreiche Physiker nahm zur Maßeinheit das Bild eines Lichtes, das auf der kleinen Kugel eines mit Quecksilber gefüllten Thermometers, die etwa einen Viertelszoll im Durchmesser hatte, reflektirt wurde. Dieses Bild wurde mit einem Auge, vermittelst einer Linse von zwei Zoll Brennweite betrachtet, und mit dem andern Auge beobachtete er mit einem Teleskope das Bild des Sterns, das auf der Kugel eines andern ähnlichen in einer Entfernung aufgestellten Thermome-

ters reflektirt wurde. Vorkehrungen waren getroffen worden, um die Lichter, abgesehen von den Farben, vergleichbar zu machen. Vermittelst einer sehr einfachen Rechnung fand Wollaston, daß das Sonnenlicht = 11830533000 × Licht des Sirius. Wenn man annimmt, daß das Licht die Hälfte seiner Intensität, in Folge der Reflexion auf der Kugel, verliere, so wird das Sonnenlicht = 20000000000 × Licht des Sirius. Das Licht der Lyra wurde durch das nämliche Verfahren $1/9$ von dem des Sirius gleich gefunden. Andere Methoden zu Vergleichung der Lichter in Beziehung auf ihre Intensität sind angewandt oder angegeben worden; da derselben aber in der historischen Einleitung bereits erwähnt wurde, so werden wir sie nicht mehr wiederholen.

Von den verschiedenen farbigen Strahlen, woraus das Sonnenlicht besteht.

Die verschiedenen Strahlungen oder erleuchtende und nicht erleuchtende Strahlen, welche in ihrer Vereinigung das Sonnenlicht bilden, können nur dadurch besonders studirt werden, daß man sie trennt, d. h. daß man einen Büschel Sannenlicht in einem dunklen Zimmer vermittelst eines dreieckigen Prisma aus Flintglas zerlegt. Zu diesem Ende bringt man an dem Laden einen Lichtträger an, der dazu bestimmt ist, einen Lichtbüschel zu reflektiren, welcher sodann durch eine in dem Laden angebrachte Oeffnung von einem bis zwei Centimeter geht.

Dieser Büschel, welcher Sonnenstrahl heißt, und auf einem weißen, in einer gewissen Entfernung aufgestellten Schirme aufgefangen wird, macht auf demselben ein weißes kreisrundes Bild, welches das Bild der Sonne ist; dieses Bild ist um so größer, je entfernter das Papier ist; wenn man aber auf

dem Wege eben dieses Büschels ein dreieckiges Prisma von Flintglas aufstellt, wovon eine seiner Kanten mit dem Horizonte parallel, und mit der Richtung des einfallenden Strahles senkrecht ist, und der Büschel mit der dem Loche gegenüberstehenden Fläche schief aufgefangen wird, so wird der Büschel bei seinem Wege durch das Prisma gebrochen, und das auf demselben Schirme aufgefangene Bild steht aufrecht in der Richtung A (Fig. 17 Taf. VII); es ist aber alsdann nicht mehr rund und weiß, wohl aber länglich und mit äußerst lebhaften Farben gefärbt, unter welchen man, wenn man von unten oder dem am wenigsten gebrochenen Theile anfängt, sieben Hauptfarben unterscheidet, Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo, Violett, welches die Farbe der brechbarsten Strahlen ist.

Dieses farbige Bild, welches Sonnenspektrum heißt, ist nur dann gehörig entwickelt, wenn der Sonnenbüschel nicht zu groß, oder die Entfernung zwischen dem Loche und dem Schirme nicht zu klein ist.

Was den Brechungswinkel des Prisma anbetrifft, welcher in den gewöhnlichen Fällen 60 Gr. beträgt, so hängt er im Allgemeinen von der Länge, die man dem Spektrum geben will, und von der Natur der Substanzen ab, woraus das Prisma besteht. Die Breite des Spektrums ist immer dem Durchmesser des direkten Bildes gleich, das in derselben Entfernung aufgefangen wurde. In Beziehung auf den Beweis, verweisen wir auf die Lehrbücher der Physik.

Wenn man die verschiedenen Farben untersucht, so sieht man, daß die rothe Farbe glänzend ist, und einen weit lebhafteren Glanz besitzt, als ihn irgend eine andere rothe Farbe, die von irgend einem Mittel geliefert würde, geben könnte. Die Orangefarbe geht durch unwahrnehmbare Abstufungen in ein schönes Strohgelb über. Das Grün, welches darauf kommt, ist sehr rein und sehr intensiv, und geht gleichfalls in ein grünliches Blau über, um zum

reinsten Indigo, und sodann ins Violette zu kommen. Mit dieser Reihenfolge von Farben nimmt die Intensität der Helle ab, und schon erhellt der obere Theil der Indigofarbe nur sehr schwach. Darüber hinaus röthet sich die Färbung ein wenig und nimmt eine bleifarbige Farbe an, die man mit keiner von irgend einem Gegenstande vergleichen kann. Die Schattirung, die ihr am nächsten kommt, ist die eines matten Violetts. Es ist leicht zu beweisen, daß jede dieser Hauptfarben, woraus das Sonnenspektrum besteht, einfach ist. Zu dem Ende darf man nur in dem Schirme, welcher das Spektrum auffängt, eine ziemlich kleine Oeffnung anbringen, um nur einen Theil der entsprechenden Farbe durchzulassen, so daß der Theil des farbigen Strahls, welcher durch dieses Loch geht, auf einem andern Schirme, der hinter dem ersten steht, ein Bild von derselben Farbe gibt, wie der Theil des Spektrums, welches den Büschel lieferte.

Wenn man aber anstatt diesen Büschel unmittelbar auf den Schirm fallen zu lassen, auf seinem Wege ein zweites Prisma anbringt, welches ihn bricht, so wird das gebrochene und auf der Pappe aufgefangene Bild, die nämliche Farbe haben, wie das von der Farbe des Spektrums, woher der gebrochene Büschel kommt. Da sich nun diese Erscheinung immer zeigt, die Farbe des Spektrums, die man betrachtet, mag sein, welche sie will, so folgt daraus, daß jede der Farben einfach und von denen unabhängig ist, die ihr vorangehen oder auf sie folgen. Man leitet daraus den unmittelbaren Schluß ab, daß der Eindruck des Lichtes, der auf die Netzhaut, oder auf irgend einem andern Körper gemacht wird, nichts anders ist, als die Resultante der Wirkungen oder der Eindrücke, welche von jeder der Farben herrühren.

Man hat gesehen, daß man sieben Hauptfarben

in dem Sonnenlicht unterschied; diese Eintheilung ist aber willkürlich, sie hat nur zum Zwecke, die farbigen Hauptstreifen zu bezeichnen; denn da der Uebergang einer Färbung in eine andere durch unmerkliche Abstufungen bewekstelligt wird, so muß man annehmen, daß ein Strahl weißen Lichtes aus einer unendlichen Menge Elementarstrahlen bestehe, welche alle in Farbe und Brechbarkeit verschieden sind; die Verschiedenheit der Farbe wird durch die Abstufung der Färbung und die der Brechbarkeit durch ihre Stellung im Spektrum selbst angezeigt.

Man sieht also, daß man mit dem Prisma das Licht zerlegen, d. h. alle Strahlungen oder farbige Strahlen, woraus dasselbe besteht, trennen kann; um aber in dieser Beziehung keinen Zweifel übrig zu lassen, so stellt man das weiße Licht mit allen farbigen Strahlen, die von seiner Zerlegung herrühren, wieder her. Es wurden mehrere Mittel angewandt, um diese Wiedervereinigung zu bewerkstelligen. Eines der einfachsten besteht darin, in ein dunkles Zimmer einen Sonnenstrahl durch ein Prisma gehen zu lassen, und ihn nach der Zerstreuung auf einer gehörig angebrachten Linse aufzufangen, um in den Brennpunkt alle farbigen Strahlen convergiren zu lassen. Wenn man einen Theil des Spektrums, bevor es auf die Linse fällt, zum Beispiele das Violette, auffängt, so hat man in dem Mittelpunkte der Linse nur eine gelbe Farbe; fängt man so nach der Reihe das Blaue, das Grüne auf, so wird das Gelbe immer mehr roth, und nimmt man die andern Farben bis auf die vorletzte hinweg, so hat man nur noch das Rothe. Es ist also durch Analyse und Synthese hinlänglich bewiesen, daß das Licht angesehen werden könne, als bestehe es aus sieben Hauptfarben, indem man dabei versteht, daß jede derselben aus Strahlen besteht, welche nicht sehr wahrnehmbar sind, um bestimmt werden zu können.

Dies war Newtons Meinung, dies ist die Meinung der meisten Physiker über die Zusammensetzung des Lichtes; dies ist aber nicht die einzige. Sowie man gefunden hatte, daß es bei jeder von den sieben Farben Farbenabstufungen gebe, welche das Dasein von Strahlen von verschiedener Brechbarkeit anzeigten, so machte man den Versuch, zu zeigen, daß die Zahl der Elementarfarben auf vier und sogar auf drei reduzirt werden könne. Wollaston zeigte im Jahre 1802 an, daß das Spektrum aus vier Elementarfarben, roth, grün, blau und violett bestehe. Nach ihm würde Gelb eine Mischung von Roth und Grün sein. Diese Ansicht erregte einen Streit unter den Physikern, wovon mehrere und unter andern Herschel annahmen, daß es wahrscheinlich sei, daß Orange, Grün und Violett nur gemischte Farben seien, und daß es wirklich nur drei Urfarben, Gelb, Roth und Blau gebe. Dieses System wurde von Mayer und Brewster unterstützt und von Doctor Young bestritten, der nur drei Grundfarben, Roth, Grün und Violett, annahm. Wir wollen uns etwas ausführlicher über die Versuche einlassen, welche von Brewster angestellt wurden, um zu zeigen, daß Roth, Gelb und Blau in allen Theilen des Spektrums vorkommen; wenn man das Spektrum aufmerksam untersucht, so existirt, nach ihm, unbestreitbar und dies ist der Punkt, von dem er ausgeht, rothes Licht in den rothen, orangefarbenen und violetten Eintheilungen; diese drei Eintheilungen nehmen nach Frauenhoffer 190 Theile von den 360 ein, was die Gesammtlänge des Spektrums ist, d. h. mehr als die Hälfte. Wenn man jetzt die blauen und die indigo Räume durch gelbe Flüssigkeiten, wie z. B. Olivenöl untersucht, so nehmen sie eine violette Färbung an. Daraus machte Brewster den Schluß, daß diese Flüssigkeiten Strahlen absorbirten, welche das Roth des Violetten verhüllten, und daß demnach das Roth in den blauen und indigo Räumen existire. Er

zeigte auf eine ähnliche Weise mit passend gewählten Flüssigkeiten, daß das Roth in den sieben Theilen des Sonnenspektrums existire.

Die gelbe Farbe wird nach ihm in den orangefarbenenen, gelben und grünen Räumen, welche 77 Theile des Spektrums einnehmen, deutlich erkannt. Indem er dieses letztere mit einem dunkelblauen Glase betrachtete, ist das grüne Licht deutlich in F Taf. VII. Fig. 1. gesehen worden.

Er schloß daraus, daß sich die gelbe Farbe darin befinden müsse; sowie nun die Wirkung des Olivenöles in den blauen und indigo Räumen gewisse Strahlen absorbirte und eine violette Färbung durchgehen ließ, ebenso können diese Strahlen, meint Brewster, weder roth noch blau sein, weil Weiß, durch Wegnahme von Blau, kein Violett zurücklassen würde. Diese Strahlen müssen also ein kleiner Theil der gelben Strahlen sein, die, indem sie mit Roth und einem Theile Blau, Weiß bilden, zur Wirkung haben, die vorherrschende blaue Färbung zu schwächen. Er suchte auf die gleiche Weise zu beweisen, daß das Gelbe sich in allen Theilen des rothen Raums des Spektrums befinde: wenn man z. B. das Spektrum mit einem Prisma von Portowein, durch peruanischen Balsam, rothen Glimmer u. s. w. betrachtet, so sieht man deutlich das gelbe Licht gegen die Linie C hin, welches in das Innere des rothen Raumes ziemlich vorangerückt ist, und wegen der absorbirenden Wirkung dieser verschiedenen Substanzen nimmt der ganze rothe Raum eine gelbliche Färbung an, die von der Abwesenheit des blauen Lichtes herrührt. Um das Dasein dieses letztern in der ganzen Größe des Spektrums zu zeigen, geht Brewster von dem Punkte aus, daß Blau in Violett, Indigo, Blau und Grün, welche 247 Theile von 360 einnehmen, existire. Wenn man nun die brechbarsten Strahlen dadurch absorbirt, daß man durch eine Schichte von einer gewissen Dicke von Schwe-

felbalsam, peruvianischem Balsam oder Glimmerplatten sieht, so bemerkt man, daß Blau mit Gelb vermischt ist und sehr nahe von C Grün bildet, das in dem rothen Raume sehr weit vorangerückt ist. Demnach muß sich dieses Blau in dem Roth befinden. Brewster beschränkte sich nicht darauf, das Dasein von Roth, Gelb und Blau in der ganzen Ausdehnung des Spektrums zu zeigen, er suchte auch zu beweisen, daß das weiße Licht überall abgesondert werden könne. Wir werden auf diese Weise, die Zusammensetzung des Lichtes zu betrachten, wieder zurückkommen, wenn wir von der Farbe der Körper im Allgemeinen sprechen werden; es war aber nothwendig, vorher mit den verschiedenen Ansichten über die Zusammensetzung des Lichtes bekannt zu machen.

Von den Strichen des Spektrums, das von dem Sonnen- und dem Sternenlichte hervorgebracht wird.

Wir wollen jetzt das Spektrum wieder vornehmen das unter den günstigsten Umständen gebildet wurde, um alle Theile, woraus dasselbe besteht, leicht erforschen zu können. Diese Bedingung wird erfüllt, wenn der einfallende Büschel möglichst klein, das Prisma von Flintglas sehr gleichartig und frei von Blasen und Streifen, das Spektrum sehr gestreckt ist und man auf die folgende Weise verfährt:

In ein dunkles Zimmer läßt man durch eine enge und senkrechte in einem Laden angebrachte Oeffnung von ungefähr einem Millimeter Weite und mehreren Centimeter Länge einen Büschel Sonnenstrahlen dringen. Dieser Büschel wird in einem Prisma aus Flintglas gebrochen, das vor das Objektiv eines Theodolits, und zwar so gestellt ist, daß eine von den Kanten des Prisma mit der Oeffnung des Ladens parallel und der Winkel des auf dem Prisma einfallenden Strah-

les dem des ausfahrenden Strahles gleich sei, um das Abweichungsminimum zu erhalten. Wenn man das Spektrum mit dem Fernrohre betrachtet, so bemerkt man eine außerordentliche Menge von Strichen oder senkrechten Linien von verschiedener Dicke, die dunkler sind, als das übrige Spektrum, und wovon einige ganz schwarz zu sein scheinen; die Distanz dieser Streifen bleibt dieselbe, die Oeffnung in dem Laden und die Entfernung des Fernrohrs in Beziehung auf das Spektrum mögen sein, wie sie wollen. Das Verhältniß der Distanzen scheint für alle brechende Substanzen dasselbe zu sein.

Fig. 1 Taf. VIII. stellt ein Lichtspektrum mit allen seinen Strichen vor: A ist der äußerste Theil des Rothen: H der des Violetten oder wenigstens die wahrnehmbare Gränze. Je weniger lebhaft im Allgemeinen das Licht ist, desto kürzer ist das Spektrum, weil es alsdann an Strahlen fehlt.

Wenn man z. B. auf dem Prisma das Licht einer erleuchteten Wolke auffängt, so scheint das Spektrum auf der einen Seite in G und H, auf der andern in B begränzt zu sein, während das direkte Licht der Sonne das Spektrum ungefähr um die Hälfte verlängert. Wir geben hier das Verzeichniß der vorzüglichsten beobachteten Striche.

In A ist ein sehr deutlicher Strich; das Rothe setzt sich indessen etwas weiter fort; in a ist eine Anhäufung von acht feinen Linien. Der Strich B ist von ziemlich beträchtlicher Färbung und Dicke. Von B nach C sind fünf sehr deutliche Streifen. C ist dick und schwarz wie B. Zwischen C und D liegen dreißig feine Striche, welche mit Ausnahme von zweien nur mit einer starken Vergrößerung oder mit Prismen von großer Dimension wahrgenommen werden können. D ist aus zwei starken Strichen gebildet, die durch eine helle Linie von einander getrennt sind. Zwischen D und E findet man ungefähr 84 Striche von verschie-

dener Dicke. E besteht aus mehreren Strichen, von denen der mittlere der stärkste ist; von E nach B sind es beinahe 24 Striche; C besteht aus 3 Strichen, wovon 2 durch einen feinen und hellen Strich geschieden sind. CF enthält 52 Striche. F ist sehr dick.

Zwischen F und G liegen 185 Striche von verschiedenen Dimensionen. In G sind viele Striche zusammengehäuft, wovon mehrere durch ihre Dicke merkwürdig sind; von G nach H zählt man 190 Striche; die beiden Streifen H sind beinahe gleich und bestehen aus mehreren Linien, in deren Mitte sich eine sehr starke befindet; von H nach J kommen sie in sehr großer Menge vor.

Die Striche A, B, C liegen in Roth und Orange; D ist an der Gränze von Orange und Gelb; E und C sind in dem Grün; F ist zu Anfang des blauen, G zwischen Blau und Indigo; H zu Ende des Violetten; von H bis nach J ist die Farbe des Lichtes aschgrau und in H verläßt es die violette Färbung. Die Lichtgränze auf dieser Seite ist sehr schwer aufzufassen.

Die Spektren von dem Lichte der Planeten, des Mondes und der übrigen Sterne sind in Beziehung auf die Striche gleichfalls untersucht worden; diese Striche sind die nämlichen, auch liegen sie bei den Spektren des Mondes und der Planeten in den nämlichen Zwischenräumen, wie bei dem Sonnenlichte, eine Folge des gemeinschaftlichen Ursprunges; so verhält es sich aber nicht mit dem Lichte der Sterne, obgleich die Striche in ihren Spektren wegen der schwachen Intensität ihres Lichtes schwer wahrgenommen werden können; doch sieht man, daß sie nicht mehr an den nämlichen Stellen sind, wie in dem Sonnenspektrum. Wir führen besonders den Sirius an, dessen Spektrum vorzüglich drei sehr merkwürdige Striche, einen in dem Grünen und zwei im Blauen zeigt.

Wenn man die Striche des Sonnenspektrums durch Projektion ohne Fernrohr sehen will, so muß

man hinter dem Prisma eine Linse anbringen, die ungefähr einen Meter Brennweite hat. Befindet sich das Prisma in einer Entfernung von der Oeffnung, die zwei Meter oder das Doppelte der Brennweite der Linse beträgt und stellt man ein weißes Blatt zwei Meter weit über das Prisma hinaus, so zeichnen sich die Striche des Spektrums deutlich auf der Fläche ab. Die convergirende Linse macht es möglich, die Striche durch Projektion zu unterscheiden. Man sieht nach der Entfernung des Blattes von der Linse, die man nach Belieben verändern kann, diese Striche mehr oder weniger deutlich. Um die feinen Striche der am wenigsten brechbaren Theile zu sehen, darf man der Stelle nicht mehr als $\frac{1}{4}$ Millimeter Oeffnung geben. Was die dicken Striche, besonders H und darüber hinaus anbetrifft, so muß die Oeffnung 1 bis 2 Millimeter betragen. Man unterscheidet alsdann die beiden Striche H des äußersten Violett und darüber hinaus recht gut von den Strichen, die in der aschgrauen Färbung liegen. Da die Lage der Striche nicht von der Lage der Oeffnung und von der des Prisma abhängt, so trägt die scheinbare Bewegung der Sonne nichts zu ihrer Veränderung bei. Es ist also zwecklos, einen Heliostaten anzuwenden, um ein stillstehendes Spektrum zu erhalten. Man darf nur einen Lichtträger haben, den man gehörig dreht. Dieses Verfahren wird uns weiter unten zu Untersuchung des chemischen Spektrums dienen.

Es ist von Wichtigkeit, die wirklichen Entfernungen zwischen den Strichen, wenigstens die, welche die bestimmtesten sind, mit großer Genauigkeit messen zu zu können. Das unmittelbarste Mittel ist das, welches Fraunhoffer anwandte und welches darin besteht, ein Mikrometer an dem Okulare eines Teleskops Taf. VII. Fig. 18 anzubringen. Um sich von den Entfernungen der nächsten Linien zu überzeugen, dreht man die Achse des Instruments mit dem Prisma, das

ein Ganzes mit ihm ausmacht, in einer horizontalen Ebene, wo Verniers und Loupen es möglich machen, die Winkel auf einem in Grade eingetheilten Kreise mit der Genauigkeit astronomischer Beobachtungen zu messen.

Verschiedene Hypothesen sind zu Erklärung des Daseins der Striche in dem Sonnenspektrum aufgestellt worden; man ist ziemlich allgemein der Meinung, daß es von der Absorption gewisser Strahlen durch die Erdatmosphäre herrühre. Brewster hatte behauptet, daß dieser Verlust von Strahlen in der Sonnenatmosphäre vor sich gehe. Forbes, welcher diese Vermuthung prüfen wollte, kam auf den Gedanken, zu untersuchen, ob die Strahlen, welche von den Sonnenrändern herkommen, und demnach einen größeren Theil der Atmosphäre zu durchlaufen haben, nach ihrer Zerlegung in dem Prisma, nicht mehr Linien oder wenigstens ausgedehntere Linien zeigen würden, als die Strahlen, welche dem Mittelpunkte entströmen. Er benützte eine Sonnenfinsterniß, um das Spektrum zu beobachten, das einzig von den Strahlen gebildet wurde, die von dem Sonnenrande herkommen; er fand, daß das Spektrum vollkommen identisch mit dem war, das von einem Lichtbüschel gebildet wurde, der von allen Punkten dieses Gestirns ausströmte, und daraus schloß er, daß die Sonnenatmosphäre in gar nichts zu Erzeugung der Striche beitrage. Der Schluß ist nicht ganz bündig, denn es könnte gar wohl sein, daß die Sonnenatmosphäre die unmittelbare Ursache der Erscheinung wäre und daß dennoch die Verschiedenheit in dem Wege der beiden Strahlen nicht hinreichend wäre, um die Zahl der Striche und ihre Größe zu modificiren. Die Kenntniß der Striche ist seit der Zeit sehr wichtig geworden, als man sich ihrer bediente, die Lichter von einander zu unterscheiden, welche keinen gemeinschaftlichen Ursprung haben.

Zweites Kapitel.

Von dem Glühlichte oder dem ausstrahlenden Lichte und den eigentlichen Flammen.

Wenn man im Dunkeln einen Körper auf eine Temperatur erhitzt, die höher als 500 Gr. ist, so erlangt er das Vermögen, die umgebenden Gegenstände nicht bloß zu erwärmen, sondern sie auch zu erhellen; er strahlt also zu gleicher Zeit Wärme und Licht aus.

Wenn die in einem Körper hinlänglich intensiv gewordene Wärme Licht erzeugt, so besitzt sie darum nicht weniger alle ihre wärmeerregende Eigenschaften; es entwickelt sich noch eine andere Ordnung von Erscheinungen, die sich bisweilen unsern Augen aus andern Ursachen als die Wärme kund gibt, wie die Phosphoreszenz insbesondere zahlreiche Beispiele liefert.

Obgleich jede, Wärme und Licht, charakteristische Eigenschaften besitzen, so haben sie doch gemeinschaftliche, welche in Beziehung auf ihren Ursprung ihre gegenseitige Abhängigkeit beweisen.

So ist die Wärme, wie das Licht, den nämlichen Gesetzen des Strahlens, der Reflexion, der Brechung und der Polarisation unterworfen. Aus dieser Gleichzeitigkeit von wärmeerregenden und leuchtenden Erscheinungen und aus andern Thatsachen, die hier nicht angeführt werden können, leitet man den Schluß ab, daß Wärme und Licht sehr wahrscheinlich von einem ätherischen Principe herrühren, das unter dem Einflusse gewisser Kräfte zwei verschiedene Ordnungen von Schwingungen bewirkt. Für jetzt wollen wir uns durchaus nicht mit den Theorien beschäftigen, die zu Erklärung der wärmeerregenden und leuchtenden Erscheinungen bestimmt sind, um unsern Gegenstand nicht aus den Augen zu verlieren.

Da die Lichterscheinungen, welche von dem Strahlen eines glühenden Körpers herrühren, nicht von

den Erscheinungen des Glühens selber, d. h. von den begleitenden Wärmeerscheinungen getrennt werden können, so ist es nöthig, die Frage nicht zu trennen, um sie in ihrem Ganzen aufzufassen und sie auf diese Weise vollständig abhandeln zu können. Wir wollen damit anfangen, das Ausstrahlen des Lichtes in den chemischen Wirkungen und zuerst die Flammen zu untersuchen.

Die brennbaren Körper bringen bei ihrer Verbindung mit dem Sauerstoffe oder einem andern verbrennenden Principe Flammen oder Licht, je nach dem Grade der Temperatur hervor, bei welchem diese Verbindung bewerkstelligt wird. Es findet jedesmal Flamme Statt, wenn diese Körper bei einer hohen Temperatur brennbare, gasartige Stoffe entwickeln; die Flamme ist also das Resultat der Verbrennung eines Gases; aber verschiedene Ursachen modificiren die Intensität des ausgestrahlten Lichtes.

Das reine Wasserstoffgas gibt beim Verbrennen eine schwache weiße Flamme; enthält dasselbe fremdartige Körper, so geht seine Farbe in das Blaue, Grüne u. s. w. über. Die Kohle, welche bei einer hohen Temperatur in einem Mittel brennt, wo die Luft unaufhörlich erneuert wird, gibt eine schöne, weiße Flamme. Ist der Luftstrom unvollständig, so wird sie blau; ist die Kohlenmasse beträchtlich, so hat man nur eine schwache, hellrothe Flamme. Diese Erscheinungen der Färbung rühren davon her, daß sich, wenn der Sauerstoff in geringer Menge da ist, Kohlenoxydgas bildet, welches beim Brennen nach der Menge verschiedene Flammen hervorbringt.

Die Gase, welche von selbst brennen, erzeugen leichte, isolirte und demnach sehr bewegliche Flammen. Als Beispiele kann man das Wasserstoffgas und seine Verbindungen anführen.

Die Farbe und die Intensität der Flammen sind nach der Natur der Körper, der entwickelten Wärme

und andern Ursachen, die wir bald angeben werden, verschieden. Für jetzt wollen wir uns bloß darauf beschränken, einige Beispiele anzuführen. Die Flamme des Zinks, des Phosphors ist weiß, die des Schwefels blau, die des Kupfers grün u. s. w.

Wenn man durch eine Röhre von geringem Durchmesser, die an die Mündung einer Flasche befestigt ist, die mit nicht zusammengedrücktem Wasserstoffgase angefüllt ist, einen Strom von diesem Gase entweichen läßt, und man dem Ende der Röhre einen entzündeten Körper nähert, so fängt das Gas Feuer, indem es eine kleine stetige Flamme hervorbringt, die einen schwachen, weißen Schein mit Wasserbildung verbreitet. Ist das Gas comprimirt, so verlängert sich die Flamme und erlangt um so mehr Glanz, je stärker der Druck ist. Die Erscheinung ist auffallender, wenn das Gas Sauerstoff enthält. Wenn endlich der Wasserstoff und der Sauerstoff in den verlangten Mengen gemischt sind, um Wasser zu bilden, d. h. von zwei Theilen dem Volumen nach des ersten und einem Theile des zweiten und das Ausströmen durch eine Röhre von sehr kleinem Durchmesser vor sich geht, so verbrennen die beiden Gase mit höherem Glanze, indem sie eine außerordentliche Wärme hervorbringen, die im Stande ist, fast alle Körper zu schmelzen. Bei Anstellung eines solchen Versuches ist große Vorsicht nöthig, denn sonst würde die Masse der beiden Gase mit Heftigkeit detoniren und den Experimentator der größten Gefahr aussetzen. Aber die durch die Verbrennung der detonirenden Mischung hervorgebrachte Flamme hat bei weitem nicht den Glanz, den sie haben würde, wenn die Verbrennung gegenüber von Körpern vor sich ginge, welche in diesem Falle ein sehr großes Strahlungsvermögen erlangen.

Ist die Flamme, welche aus der Verbrennung einer Mischung von Wasserstoff und Sauerstoff ent-

steht und durch das Ende einer Röhre mit kleinem Durchmesser ausströmt, in allen ihren Theilen in Beziehung auf den Glanz des erzeugten Lichtes und der entwickelten Wärme homogen? Nein, dies kann nicht stattfinden, weil, da die Flamme als eine gasartige Masse angesehen werden muß, die dergestalt erhitzt ist, daß sie leuchtend wird, die Theile, welche zu dem Ende noch nicht die hinreichende Temperatur erlangt haben, mehr oder weniger düster bleiben müssen. Um diese verschiedenen Erscheinungen deutlich zu sehen, muß man mit Aufmerksamkeit die Flamme eines Wachs- oder Talglichtes untersuchen; bei dem bloßen Anblicke erkennt man leicht vier verschiedene Theile:

1) Den unteren Rand der Flamme, welcher ein Segment von einer schönen dunkelblauen Farbe bildet.

2) Den konischen Raum über dem Dochte, der nicht so durchsichtig und nicht so lichtvoll, wie der übrige Theil der Flumme ist.

3) Einen Lichtgürtel, der glänzender als der vorhergehende ist, und den konischen Raum einhüllt.

4) Eine dünne und nicht sehr leuchtende Schichte, welche die vorhergehenden Farben umgibt, und in welcher sich, wie man nachher sehen wird, das Maximum der Wärme befindet.

In der Flamme der Lampe, welche von dem detonirenden Gase gespeist wird, sind die verschiedenen Hüllen wegen des raschen Verbrennens nicht so sichtbar; es gibt aber ein sehr einfaches Mittel, sie wahrzunehmen; man darf nur quer in die Flamme einen feinen Platindraht halten, der in jeder von den Hüllen nach der mitgetheilten Wärme leuchtend wird. Bringt man den Draht z. B. auf einen oder zwei Millimeter unmittelbar über den sichtbaren Theil der Flamme, so wird er folglich in dem Punkte weißglühend, wo kein Licht ist, und wo sich das Maxi-

mum von Wärme befindet. Die nämliche Erscheinung erhält man mit der Flamme einer Weingeistlampe.

Um den Glanz des Lichtes, das von jedem der Theile angegeben wird, oder vielmehr der Hüllen einer Flamme besser zu beurtheilen, bedient man sich der Porret'schen Methode. Nachdem dieser Physiker ein Stück Metallgeflecht, bei welchem 100 Drähte auf einen Quadratcentimeter gehen, so geschnitten hatte, daß er ihm die Gestalt eines Vertikalschnittes von dem Theile der Flamme gab, die sich über dem Dochte befand, so brachte er es von oben nach unten in die Flamme, indem er es in dem Dochte vermittelst zweier Drähte befestigte; er beobachtete alsdann folgende Erscheinungen: Der Theil, welcher in die schwache äußere Flamme eingetaucht war, wurde glühend und stark oxydirt, der anstoßende und der sehr lichtvollen Oberfläche entsprechende Theil überzog sich mit einer sehr dicken Kohlenschichte, deren Umriß die Gestalt eines Zuckerhutes hatte. Innerhalb dieser Gränze wurde das Geflecht bloß geschwärzt, und zeigte den Raum an, der von den Gasen und den entzündlichen Dünsten eingenommen wurde, welche durch den Docht entwichen. Das Wärmemaximum befand sich in dem unsichtbaren Theile der Flamme, und der größte Kohlenniederschlag fand nicht in dem centralen Theile der Flamme, d. h. in dem von der atmosphärischen Luft entferntesten Theile, wohl aber an der leuchtenden Oberfläche Statt.

Wir haben jetzt alle Elemente, um die Bildung einer Flamme zu beschreiben, wenn man sich erinnert, daß die Flamme nichts anderes, als ein gasartiger Stoff ist, welcher dergestalt erhitzt ist, daß er leuchtend wird. Von dem Augenblicke an, wo die brennbaren Stoffe, mit denen der Docht getränkt ist, Feuer gefangen haben, verflüchtigt die Hitze, welche daraus entweicht, eine große Menge der Substanzen,

welche den Docht befeuchten. Daraus entspringt alsdann wegen der hohen Temperatur, welche diese Körper besitzen, indem diese bei dem Zutritte der Luft Feuer fangen, eine aufsteigende, leuchtende Säule. Wenn der Docht nicht mehr glüht, so ist der sich bildende Rauch, der keine hinreichende Temperatur besitzt, nicht mehr im Stande, Feuer zu fangen, und es bildet sich Wasser, empyreumatisches Oel, brenzlichte Holzsäure mit einem Kohlenniederschlage, wenn der Rauch mit einem kalten Körper aufgefangen wird. Ist die Temperatur höher, so findet eine Reaktion des Kohlenstoffes auf die vorhergehenden Zusammensetzungen, sodann Bildung von Kohlenoxydgas, von verschiedenen Wasserstoffcarbüren und einer kleinen Menge kohlensauren Gases Statt.

Man wollte wissen, ob die Flamme eines Talglichtes durchsichtig wäre oder nicht. Rumford stellte einen sehr einfachen Versuch an, welcher die Frage bejahend löste. Er setzte voraus, daß der einzige Grund, warum man nicht durch die Flamme sehen könne, in der Lebhaftigkeit ihres Lichtes im Vergleiche mit der der Körper, die man beobachtete, liege. Um den Wirkungen dieser Täuschung auszuweichen, kam er auf den Gedanken, ein sehr intensives Licht durch eine schwache Flamme zu betrachten, in der Meinung, daß diese vielleicht sogar vollständig verschwinden könnte; er stellte zu diesem Ende um Mittag ein angezündetes Talglicht zwischen die Sonne und sein Auge, und fand nun, daß die Flamme ganz unsichtbar war. Dieser einfache Versuch war hinreichend, um die Durchsichtigkeit der Flamme eines Talg- oder Wachslichtes zu beweisen, welches in Beziehung auf ein anderes künstliches Licht undurchsichtig zu sein scheint. Wir wollen jetzt die vorzüglichsten Ursachen mustern, welche auf den Glanz des bei dem Verbrennen ausgestrahlten Lichtes, und die unter denselben Umständen ausgesandten Wärmemengen in-

fluiren, welche, da sie begleitende Erscheinungen hervorbringen, nicht von einander getrennt werden dürfen.

Davy hat durch seine wichtigen Untersuchungen über die Beschaffenheit der Flammen die Physiker in den Stand gesetzt, die allgemeinen Phänomene, welche ihre Erzeugung begleiten, zu erklären. Durch seine Forschungen ist auch wirklich bewiesen, daß das glänzende Licht, welches bei der Verbrennung des Kohlen-Wasserstoffgases oder des brennbaren Gases der Steinkohle entwickelt wird, wenn es durch eine kleine Mündung ausströmt, davon herrühre, daß ein Theil des Gases, das sich in dem Inneren der Flamme, wo die Luft in sehr geringer Menge vorhanden ist, zersetzt, feste Kohle absetzt, welche durch ihr Glühen und Verbrennen die Intensität oder vielmehr den Glanz der Flamme in einem hohen Grade verstärkt. Es ist ferner bewiesen, daß das Dasein einer festen Substanz, auf welche die Gase keine chemische Wirkung ausüben, hinreichend ist, der Flamme ein Strahlungsvermögen zu verleihen, das sie vorher nicht hatte. Folgende Versuche dienten dazu, diese Grundthatsachen aufzustellen.

Man läßt einen Strom von gekohltem Wasserstoffgas durch eine kleine Röhre gehen, vor welcher sich, und zwar so nahe als möglich an der Mündung ein Metallgeflecht von hundert Oeffnungen auf den Quadratcentimeter befinden; entzündet man das Gas, so ist die Verbrennung lebhaft, wie gewöhnlich; entfernt man aber das Geflecht, damit sich das Gas mit einer größeren Menge Luft vor seiner Entzündung vereinigen kann, so wird das Licht schwach; in einer gewissen Entfernung endlich ist die Flamme schwach und bläulich und doch ist die Hitze noch größer als die, welche weit lebhafteres Licht begleitet, denn wenn man das Ende dieses Platindrahtes mitten in diese schwache Flamme hält, so wird er

augenblicklich bis zum Weißglühen erhitzt, was in dem anderen Falle nicht stattfindet.

Wenn man den umgekehrten Versuch anstellt, d. h. wenn man gradweise das Metallgeflecht der Mündung näher bringt, so setzt die Spitze der aufgefangenen Flamme auf keine Weise feste Kohle ab; erst weiter unten fängt der Ansatz an, sich zu bilden; alsdann verhindert die Abkühlung, die von dem Metallgeflechte herrührt, die Kohle, an dem unteren Theile der Flamme zu brennen, wo das Gas, welches mit der Luft ausfließt, mit einer blauen Flamme brennt; es ist keine merkliche Spur von Kohle da. Dieser Versuch hat mit dem Porret'schen viele Aehnlichkeit.

Aus diesen beiden Versuchen leitet man folgende Schlüsse ab:

1) Das Dasein der glühenden und verbrennenden Kohle erklärt das Aussehen der verschiedenen Theile einer Flamme. Bei der durch das Löthrohr in Thätigkeit gesetzten Flamme ist der Punkt, wo die Wärme am größten ist, der Mittelpunkt der blauen Flamme, und dies ist gerade der Ort, wo die Verbrennung der Kohle vollständig ist.

2) Das Dasein einer festen und fixen Materie, welche bei dem Verbrennen hervorgebracht wird, vermehrt gleichfalls die Intensität der Flamme. Dies ist ganz genau der Fall mit dem Lichte der Flamme, welche durch die Verbrennung des Phosphors und des Zinks im Sauerstoffe, oder des Kaliums in Chlor hervorgebracht wird. Im ersten Falle bildet sich Phosphorsäure und Zinkoxyd, im zweiten Chlorkalium.

3) In Ermanglung fester und fixer Zusammensetzungen, welche bei der Verbrennung erzeugt werden, ersetzt man dieselbe dadurch, daß man in die Mitte der Flamme einen unverbrennlichen Körper von kleinen Dimensionen bringt; auf diese Weise gibt man der Flamme dadurch Glanz, daß man Zinkoxyd, sehr

feinen Amiant, oder andere sehr dünne Substanzen in dieselbe wirft.

Die vorher angegebenen Principe machen es in einigen Fällen möglich, in den Flammen das Dasein einiger Zusammensetzungen zu erkennen; so gibt z. B. der Aether beim Brennen eine Flamme, welche das Dasein des ölbildenden Gases anzuzeigen scheint; der Alkohol brennt mit einer Flamme, welche einer Mischung von Kohlenoxyd und Wasserstoff gleich ist; die Flamme eines Talglichtes oder einer Lampe, in welche man Chlorkupfer wirft, nimmt eine glänzend rothe Farbe mit einer Färbung an, die an den Rändern grün und blau ist, Erscheinungen, welche von dem Chlore, das durch den Wasserstoff ersetzt wird, und von der Verbrennung des Kupfers und der Kohle herzurühren scheinen. Die Salze, wenigstens eine sehr große Anzahl derselben, besitzen im festen oder gasartigen Zustande die Eigenschaft, durch ihr Glühen den Flammen eine Farbe mitzutheilen.

Der Versuch wird auf die folgende Weise mit großer Leichtigkeit angestellt. Man nimmt einen Bindfaden oder einen baumwollenen Docht, den man mit dem Salze bestreut, oder man taucht ihn in eine Auflösung von eben diesem Salze ein. Nachdem man ihn getrocknet hat oder auch noch vorher, bringt man sein unteres Ende in den unsichtbaren Theil der Flamme eines Wachslichtes. Bald darauf brennt der Faden mit Knistern und die undurchsichtige Hülle der Flamme wird leuchtend und nimmt eine Farbe an, welche von der Natur des angewandten Salzes abhängt. Die Natronsalze färben die Flammen rein gelb; die Kalisalze schön blaßblau, die Kalksalze ziegelroth; die Spektren, die man von diesen drei Lichtarten erhält, geben eine gelbe und eine schöne grüne Linie. Die Strontiansalze färben die Flammen schön carmosinroth und mit einem Prisma erhält man zwei Arten Gelb, wovon eine dem Orange sehr nahe kommt. Die Magne=

kasalze haben keine färbende Eigenschaften; die Lithinsalze färben die Flamme roth; die Barytsalze apfelgrün aber sehr blaß und schön. Die Kupfersalze färben sie sehr schön grün oder grünlich blau. Das schwefligsaure Eisen gibt eine weiße, die Borsäure eine grüne Flamme.

Bei Anwendung der Salze zu Färbung der Flammen ist es besser, die Chlorüre zu gebrauchen, weil sie, da sie flüchtig sind, sich schnell mit den brennbaren Gasen vermischen. Wenn man ein ganz homogenes Gelb erhalten will, so muß man mit Alkohol geschwängertes Chlornatrium nehmen. Diese Farbenphänomene scheinen zuerst davon abzuhängen, daß diese Basen in Freiheit gesetzt und nachher verbrannt werden. Die vorhergehenden Thatsachen scheinen auch noch zu beweisen, daß eine glänzende und dichte Flamme ein zuverlässiges Zeichen von Erzeugung einer festen Materie sei, während das Gegentheil stattfindet, wenn die Flamme leicht ist.

Die Angaben, welche man über die Ursachen besitzt, welche zu der Erzeugung der Flammen, zu ihrem Glanze und zu ihren wärmeerregenden Wirkungen beitragen, machen es möglich, ihre Wärme durch Vermehrung ihres Glanzes und umgekehrt zu verringern. Auf diese Weise verbreitet die Flamme, die an der Mündung einer Röhre von sehr kleinem Durchmesser durch eine Mischung von Sauerstoff und Wasserstoff in geringem Ueberschusse erzeugt, und in einem Apparate verdichtet wurde, einen bei dem Tageslichte kaum sichtbaren Schimmer, während die hervorgebrachte Wärme eine der intensivsten ist, weil sie im Augenblicke die strengflüssigsten Körper zum Schmelzen bringt, und die brennbaren Körper, welche in derselben verbrennen, ein so lebhaftes Licht verbreiten, dessen Glanz das Auge kaum ertragen kann.

Von der Temperatur der Flammen.

Die früher angegebenen thermoelektrischen Apparate können nicht zum Messen der Temperatur der Flammen

von einer kleinen Dimension dienen, ohne Modifikationen zu erleiden. Wir wollen die einfachen Mittel beschreiben, die wir zu verschiedenen Malen angewandt haben, bevor man an dieses neue thermometrische Mittel gedacht hatte.

Wenn man mit ein wenig Aufmerksamkeit die Flamme eines Wachslichtes oder einer Weingeistlampe betrachtet, so findet man, daß sie, wie bereits gesagt worden, aus vier abgesonderten Theilen besteht, nämlich:

AC Fig. 21 Taf. VII. ist der düster blaue Theil, der in dem Verhältnisse dünner wird, als er sich von dem Dochte entfernt und an dem Orte verschwindet, wo der äußere Theil der Flamme senkrecht aufsteigt.

AD ist der dunkle Raum, welcher durch die glänzende Hülle sichtbar ist, und die dem Dochte entströmende Gase aufnimmt, welche nicht brennen können, weil sie noch nicht mit der Luft in Berührung stehen.

DF ist der glänzende Theil der Flamme.

CEF ist die nicht sehr leuchtende Hülle in ihrer größten Dicke, welche dem Gipfel der glänzenden Flamme entspricht; in diesem unteren Theile geht das Verbrennen vor sich, und die Hitze hat die größte Intensität.

Um sich davon zu überzeugen, kehrt man die Flamme mit einem Löthrohre um, mit dessen Hülfe man einen Luftstrom mitten in die Flamme bringt (Fig. 22). Man sieht sogleich in der Mitte eine blaue Flamme AC erscheinen, die lang und schmal und die nämliche wie die vorher angegebene AC ist, nur hat sie ihre Lage und Gestalt verändert. An ihrem vordern Ende befindet sich der Punkt der höchsten Temperatur, wie bei der gewöhnlichen Flamme. Bei dieser bildet dieser Punkt einen Gürtel oder eine Kreislinie, während er bei der andern auf einen unvergleichbar heißeren Punkt reducirt wird, der im Stande ist, verschiedene Substanzen zu schmelzen oder zu verflüchtigen. Diese außerordentliche Wärmezunahme rührt davon her, daß das Löth-

rohr auf einen in der Mitte der Flamme befindlichen Punkt eine verdichtete Masse derselben Luft strömt, welche vorher die Oberfläche nur streifte. Bei dem durch das Löthrohr bewirkten Flammenstrahle verhindert die glänzende Flamme, welche die blaue Flamme einhüllt, den Verlust der erzeugten Wärme.

Wir wollen zur Bestimmung der Temperatur der Flammen übergehen; in Folgendem besteht Davy's Verfahren, nicht sowohl um sie genau zu bestimmen, als um Verhältnisse zu bekommen, die in verschiedenen Umständen Dienste leisten können. Er hielt nacheinander einen Platindraht in den Körper der Flamme und darüber, und schloß annäherungsweise durch den Grad des Glühens des Drahtes auf die Temperatur; er bediente sich sodann eines andern Apparates mit dessen Hülfe diese Temperatur durch die eines kupfernen Gefäßes gegeben wird, das mit Olivenöl angefüllt ist, das die ganze, durch das Verbrennen der gleichen Gasmengen unter den nämlichen Umständen erzeugte Wärme aufnimmt, welche durch einen im Gefäße befindlichen Thermometer angezeigt wird. Dieses letzte Verfahren gibt, wie man leicht sieht, nichts Absolutes und kann nicht zu Bestimmung der Temperatur aller Schichten einer Flamme dienen; überdies ist es keiner Genauigkeit fähig. Wie dem nun auch sei, so sind die Resultate, welche er erhalten hat, folgende:

Die Flamme des ölbildenden Gases brachte den Thermometer auf	132,4
die des Wasserstoffgases auf	114,4
das Schwefelwasserstoffgas auf	111,1
die Steinkohle auf	113,3
das Kohlenstofforyd auf	103,3

Davy verdanken wir auch noch folgende Beobachtungen:

1) Die Flamme des Wasserstoffgases erlischt in den verdünnten Atmosphären, wenn die Wärme, welche

dieselbe erzeugt, unfähig ist, dem Metalle ein sichtbares Glühen mitzutheilen.

2) Das ölbildende Gas, welches dem Wasserstoffgase in Beziehung auf die Wärme, die sich bei dem Verbrennen entwickelt, äußerst nahe kommt, erfordert keine viel höhere Temperatur, um sich zu entzünden.

3) Der Alkohol und das Wachs bedürfen einer geringeren Menge von Wärme, um ihren brennbaren Stoff zu verflüchtigen. Das Kohlenstoffoxyd ist, trotz der geringen Wärme, die es beim Verbrennen erzeugt ebenso entzündlich, wie der Wasserstoff.

4) Der Schwefel, welcher bei einer niedrigeren Temperatur als irgend eine andere Substanz, mit Ausnahme des Phosphors, brennen kann, gibt in verdünnter Luft eine sehr schwache blaue Flamme, bisweilen steigert diese Flamme die Temperatur des Platindrahtes bis zum Kirschrothglühen.

Als Davy die dem Platindrahte von Flammen von gleichem Volumen mitgetheilte Wärme verglich, so fand er, daß der Wasserstoff und das ölbildende Gas bei ihrem Brennen in Sauerstoff mehr Wärme erzeugen, als die andern gasartigen Substanzen, welche gleichfalls im Sauerstoffe brennen.

Das von Davy angewandte Verfahren kann nur dazu dienen, Differenzen annäherungsweise zu finden. Der Apparat, mit dem wir sogleich bekannt machen wollen, kann zur Bestimmung der Temperatur der verschiedenen Flammenhüllen dienen, wenn man vorläufig seinen Gang mit dem des Luftthermometers vergleicht. Wenn man das Davy'sche Verfahren anwendet, d. h. in die Flamme einen Platindraht hält, um durch sein Glühen die Differenz zu erfahren, welche zwischen den Temperaturen der Schichten obwaltet, so findet man, daß der Punkt dieses Drahtes, wo er am lebhaftesten glüht, in den Punkten der glänzenden Flamme und in der äußeren Hülle liegt. Ist der Draht sehr fein, so scheint sein Diameter in Folge

einer Ausstrahlung in dem Verhältnisse zuzunehmen, als man sich der oberen Gränze der blauen Flamme nähert, so daß dieser Uebergangsgürtel, wo die Luft noch allen ihren Sauerstoff hat, der Ort des Wärmemaximums ist.

Das Verfahren, welches wir zu Messung der Temperatur der verschiedenen Hüllen einer Flamme angenommen haben, ist Folgendes: Man nimmt zwei Platindrähte von verschiedenen Durchmessern, die an einem ihrer Ende vermittelst zweier Haken in einander gebracht, stark gespannt wurden, und an den beiden andern freien Enden mit den Enden des Drahtes von einem Galvanometer in Verbindung standen. Diese Platindrähte müssen sehr kleine Durchmesser haben, damit die Verbindungspunkte die Temperatur der Mittel annehmen können, worin sie sich befinden. Wenn man nach und nach die Temperatur dieser Punkte von Null bis 350'' erhöht, so findet man, daß die Intensität des elektrischen Stromes wie die Temperatur wächst. Wenn man annimmt, daß dieses Gesetz noch weiter hinaus dasselbe bleibt, wie man dies annehmen darf, weil man einerseits immer von dem Schmelzungspunkt des Platins sehr weit entfernt ist und man andererseits, da die beiden Drähte von demselben Metalle sind, keine complicirte thermo-elektrische Erscheinungen zu besorgen hat, welche von der Verschiedenheit der beiden Metalle herrühren, so kann man, wenn man es der größeren Genauigkeit wegen thun will, das Verhältniß zwischen den Abweichungen der Magnetnadel und dem Gange des Luftthermometers bestimmen, indem man verschiedene Wärmequellen annimmt. Man bringt zuerst eine von den Verbindungen der beiden Drähte an dem obern Theile der blauen Flamme an, wo die Luft, die noch allen ihren Sauerstoff hat, die Flamme zu berühren anfängt, demnach an dem Orte, wo die Temperatur am höchsten ist, die Magnetnadel wird zu einem Ab-

weichen von 22°,50 gebracht. Geschieht das Eintauchen in dem weißen Theile oder in der eigentlichen Flamme, so ist die Abweichung 20 Gr.; sie beträgt endlich nur noch 17 Gr., wenn sich die Verbindungspunkte in dem dunkeln Raume um den Docht herum befinden; wenn man nun die Temperatur der Verbindungspunkte auf 300 Gr. treibt, so hat man eine Abweichung von 8 Gr., welche einer doppelten Intensität des thermo-elektrischen Stromes, der von einer Temperatur von 150 Gr. hervorgebracht wird, entspricht. Wenn man das Gesetz der Stetigkeit annimmt und beobachtet, daß die Intensitäten des Stroms, welche den Abweichungen 22°,50, 20°, 17° entsprechen, sich wie die Zahlen 54, 44, 32 verhalten, so folgt daraus, daß die entsprechenden Temperaturen 1350, 1080 und 780° gleich sein werden, daraus folgt, daß 1350° die höchste Temperatur angeben würde, welche ein Platinadraht von $\frac{1}{3}$ Millimeter Durchmesser in einer Alkoholflamme, die an dem obern Theile des Dochtes 6 Millimeter beträgt, annehmen würde. Man begreift sehr leicht, daß, wenn es möglich wäre, den Wärmeabgang zu vernachläßigen, der an der Oberfläche der Theile des Drahtes bewirkt wird, die an die eingetauchten Theile stoßen, die oben angegebenen Temperaturen mit einer sehr großen Annäherung die der verschiedenen Theile einer Alkoholflamme vorstellen würden; da aber die Resultate die nämlichen sind, wenn man mit feineren Drähten, als die oben angegebenen operirt, so darf man glauben, daß die angegebene Abkühlung gar wohl außer Acht gelassen werden könne.

Wir wollen bemerken, daß die Versuche in Beziehung auf die Bestimmung der verschiedenen Hüllen einer Flamme die ersten Anwendungen der thermoelektrischen Erscheinungen auf das Maaß der Temperaturen sind; die zweiten Anwendungen beziehen sich auf das der inneren Theile der organisirten Körper,

Wenn wir die Resultate vergleichen, welche man über der Flamme einer Alkohollampe mit einem feinen Platinadrahte erhalten hat, der hinter einander in drei verschiedene Hüllen getaucht und weißglühend, hellglühend und dunkelglühend wurde, so findet man, daß die für die Temperatur erhaltenen Zahlen, denen entsprechen und denselben sehr nahe kommen, welche von Princeps und Pouillet angegeben wurden; demnach sind die höchsten, in Graden des Luftthermometers berechneten Temperaturen nicht so hoch, als die Physiker ehemals meinten.

Neue Aufklärungen in Beziehung auf die künstlichen Lichter.

Seit einigen Jahren hat man sich sehr damit abgegeben, die künstlichen Lichter in der Absicht zu vervollkommnen, daß sie zu Beleuchtung der Wohnungen und der öffentlichen Plätze dienen können.

Unter den Personen, die sich am meisten mit derartigen Forschungen abgaben, führen wir besonders Gaudin an, der durch sinnreiche Versuche bekannt ist, und dessen Gefälligkeit wir folgende Mittheilungen verdanken.

Man hat in dem vorhergehenden Abschnitte gesehen, welches die nothwendigen Bedingungen seien, damit das Beleuchtungsvermögen sein Maximum erreiche. Gaudin fand, daß die sparsamsten Beleuchtungen diejenigen seien, welche von kohlenartigen Stoffen gespeist würden, die im Sauerstoffe oder in der Luft verbrennen, und daß die Zusammensetzungen, welche die stärksten Effekte geben, nach der Intensität des ausgestrahlten Lichtes so klassifizirt werden können; indem die ersten das glänzendste Licht geben:

1) Die wesentlichen Oele, die mit Sauerstoff unter Erzeugung eines sehr dicken Rauches verbrennen.

2) Das mit wesentlichem Oele geschwängerte Wasserstoffgas, das mit Sauerstoff verbrennt.

3) Der Alkohol, der Schwefeläther oder das mit wesentlichem Oele vermischte Steinkohlengas, das mit Sauerstoff verbrennt und Gaudin's Sideralflamme gibt.

4) Das mit einem wesentlichen Oele geschwängerte Wasserstoffgas, das in Sauerstoff brennt. Ein schönes Licht.

5) Das Steinkohlengas, verbunden mit einem wesentlichen Oele, das in der Luft brennt; dies ist das Sideralgas.

6) Endlich das Steinkohlengas, das in der Luft brennt.

Das Weiße dieser Flammen richtet sich nach der Ordnung der Intensitäten. Was die Farbe anbetrifft, so kommen die violetten Strahlen in größerer Anzahl bei den Flammen vor, die vom Sauerstoffe gespeist werden, als bei denen, welche die Luft speist; demungeachtet sind die gelben Strahlen immer die am meisten vorherrschenden.

Wenn man den Schatten der Sideralflammen mit dem des Steinkohlengases vergleicht, so ist dieser roth, der andere blau; der erstere gibt in seiner Vergleichung mit dem Sonnenlichte, in Folge eines Contrastes, einen blauen Schatten, und der zweite einen rein gelben; die gelben Strahlen sind in den Sideralflammen und die rothen in den Flammen von Steinkohlengase, Oel oder von Wachslicht vorherrschend.

Gehen wir zu der Intensität der Flammen über, die vermittelst der Intensität des Schattens gemessen wurde. Die Sideralflammen erleuchten bei gleichen Dimensionen hundertundfünfzigmal so stark, als die Flamme des Steinkohlengases, das in der Argant'schen Röhre brennt; die Flammen der mit wesentlichen Oelen versehenen Gase und welche in der Luft brennen, haben eine fünf- bis zehnmal größere Intensität, als die Flamme des Steinkohlengases. Von dem Wasserstoffgase rührt die zehnmal größere Intensität her.

Gaudin suchte auch das Strahlungsvermögen der in die Flammen getauchten Substanzen zu bestimmen, welche Substanzen oft auf eine unglaubliche Weise ihre Intensität erhöhen. Er unterwarf nach der Reihe den Kalk, die Magnesia, das Iridium, die Thonerde und die Kieselerde dem Versuche.

Kalk und Magnesia geben, in Beziehung auf ihre Zusammensetzung und aus dem Gesichtspunkte der farbigen Strahlen Lichter, die beinahe dem Sonnenlichte ähnlich sind.

Mit Hülfe der Vergleichung der Schatten fand Gaudin, daß das von dem Strahlen der Magnesia hervorgebrachte Licht weißer ist, als das, welches von dem Strahlen des Kalkes herrührt. Es ist zu gleicher Zeit reicher an violetten Strahlen. Außer diesem Vorzuge bei ihrer Anwendung in den Künsten, gibt es uoch einen andern, welcher der Magnesia den Vorzug vor dem Kalke einräumt, und dieser besteht darin, daß sie, einmal gebrannt, ihren Zustand nicht verändert, das heißt, daß sie zu keinem Carbonate wird, wenn sie nicht mehr gebraucht wird, während der Kalk, der zu einem Hydrate und Carbonate wird, zerfällt und eine neue Zubereitung erheischt, wenn man ihn wieder gebrauchen will.

Das Iridium gibt auch ein glänzendes Licht; bei gleicher Intensität verlangt aber diese Substanz mehr Gas, als der Kalk und die Magnesia. Wenn ein Stück Iridium eine Zeit lang gedient hat, so sind seine Kanten, oder vielmehr seine Ränder, in Folge eines anfänglichen Schmelzens, abgerundet, und seine Oberfläche zeigt einen Silberglanz.

Die Thonerde besitzt ein großes Strahlungsvermögen; ihre Schmelzbarkeit ist aber so, daß diese Substanz zu diesen Zwecken in den Künsten nicht verwandt werden kann.

Die Kieselerde hat beinahe gar kein Strahlungsvermögen, denn sie erreicht ihren Schmelzungspunkt

ohne merklich zu leuchten. Bloß in diesem Augenblicke, d. h. in dem Augenblicke, wo sie schmilzt, glänzt sie plötzlich mit sternartigem Glanze, welcher so ist, daß, wenn man der Spitze des Löthrohrs einen Faden von Bergkrystall hinhält, der an jedem Ende kugelförmig geschmolzen wird, die ganze Fläche dieses Fadens düster zu sein scheint, während beide Faden gemeinschaftlich glänzen. Das an dem Ende hervorgebrachte Strahlen, welches demjenigen gegenüber ist, das der Löthrohrspitze ausgesetzt wird, rührt von einer Reflexion des Lichtes her.

Gaudin hat mit dem Daguerreotyp nachgewiesen, daß das von der Magnesia hervorgebrachte Licht eine größere Menge violetter Strahlen besitze, als die eigentlichen Sideralflammen. Die Bilder, welche er mit diesen letzteren verfertigte, erforderten mehr Zeit, als mit dem andern Lichte; im ersteren Falle waren sie nach Verlauf von 20 bis 24 Sek. noch nicht fertig, während in dem zweiten Falle, als er Magnesia anwandte, 15 Sek. hinreichten. Diese Differenz in den Erscheinungen rührt, wir wiederholen es noch einmal, von einer größeren Menge gelber Strahlen in dem Sideralllichte her, welche nicht sehr photogenisch sind.

Von den Strichen, welche in dem Flammenspektrum beobachtet wurden.

Die Spektren, welche von der Fortpflanzung künstlicher Lichter durch ein Prisma herrühren, sind ebenso regelmäßig, wie die von der Fortpflanzung des Sonnenlichtes durch das nämliche Prisma. Wenn man mit Talg, mit verschiedenen Brennstoffen, wie Oel, Papier, Alkohol u. s. w. experimentirt, welche blaue Flammen geben, wenn die Verbrennung unvollkommen ist, so findet man, daß ihre Spektren unterbrochen sind, daß sie meistentheils aus schmalen Linien von einer sehr beschränkten Brechbarkeit be-

stehen und durch zwei große schwarze Zwischenräume getrennt sind. Man bemerkt an denselben besonders das Gelb, welches sehr schmal ist, das gelblich Grüne, das Smaragdgrüne, das blasse Blau und viel Violettes. In dem Spektrum von der Flamme eines Talglichtes bemerkt man an der Stelle des Striches D des Sonnenspektrums einen weißen Strich. Ist die Verbrennung lebhaft, wie in dem Falle, wo man die Flamme einer Oellampe mit einem Löthrohre lebendiger macht, oder auch, wenn man Schwefelblumen hineinwirft, so sieht man alsdann ein sehr reichliches, glänzendes und vollkommen homogenes Licht. Mit dem Schwefel vorzüglich ist das ganze Spektrum gelb. Man erhält ein ähnliches Resultat mit der Flamme von einer Mischung Alkohol und Wasser, die vorläufig erwärmt wurde.

Wenn die Flamme des Cyans durch eine enge Oeffnung gesehen wird, so zeigt sie eine purpurrothe Färbung mit einem grünlich gelben Saume. Analysirt man sie mit einem Prisma, so findet man, daß das Spektrum in mehrere Theile getheilt ist, die von mehreren dunklen Streifen begränzt sind, welche seine ganze Größe ziemlich gleichförmig eintheilen; die leuchtenden Theile haben fast alle die nämliche Intensität.

Die verbrennbaren Stoffe, welche mit salpetersaurem Strontian vermischt sind, brennen mit einer Flamme, welche zwei glänzend rothe Färbungen hat; das mit dem Prisma gebildete Spektrum zeigt zahlreiche Unterbrechungen der Stetigkeit und was das merkwürdigste dabei ist, eine äußerst glänzende lebhaft blaue Linie.

Doktor Brewster fand, daß das Spektrum, welches von dem Lichte nach seinem Durchgange durch das salpetrige Gas gebildet wurde, von einer Reihe fixer Striche durchzogen ist. Derartige Versuche sind von Daniell und Professor Müller angestellt wor-

den, indem sie sich des Lichtes einer Gaslampe bedienten, nachdem es durch ein mit Dampf gefülltes Gefäß gegangen und mit einer Linse convergirend gemacht worden war. Das so concentrirte Licht wurde mit dem Prisma vermittelst eines an demselben angebrachten Fernrohres analysirt. Die Anordnungen waren so getroffen, daß die mit den beiden Flächen des Prisma gebildeten Winkel gleich waren. War die Luft des Gefäßes durch Bromdampf gefärbt, so war das ganze Spektrum von mehr als hundert Linien eingenommen, die in gleicher Entfernung von einander waren. Als der Dampf dichter wurde, so verschwand der violette Theil des Prisma und die Linien wurden in dem rothen Theile stärker. Mit Joddampf waren die Erscheinungen ähnlich; außer einer Vermehrung der Dichtheit bemerkte man keine wahrnehmbare Erscheinung, weder auf der sichtbaren Ausdehnung des Spektrums, noch auf der Breite der Linien. Mit Chlordampf verschwand das blaue Ende des Spektrums ohne den Anschein irgend einer Linie. Der Euchlorindampf erzeugte eine gewisse Anzahl von Linien, die sich in unregelmäßigen Zwischenräumen, aber bloß in dem Theile des Spektrums befanden, der von dem Chlore ausgelöscht wird.

Von den Modifikationen, welche die Flamme unter verschiedenen Umständen erleidet.

Wir nehmen abermals in der Analyse, welche wir mit den Modifikationen anstellen wollen, welche die Flamme unter verschiedenen Umständen erleidet, wo es nöthig ist, sie zu studiren, um alle Ursachen recht kennen zu lernen, die im Allgemeinen auf ihre Erzeugung mitwirken, Davy zum Führer. Diese Analyse ist um so wichtiger, als sie uns auf den Weg über die Bildung des Lichtes in den chemischen Wirkungen bringen kann. Wir wollen die Wirkungen

der Verdünnung und der Wärme auf die Entzündung der Gase, sodann die Wirkungen verschiedener gasartigen Mischungen auf die Verbrennbarkeit der Gase, die sich nicht vermittelst des elektrischen Funkens, (denn wir werden diese Frage besonders abhandeln) sondern vermittelst der Wärme entzünden und endlich die Eigenschaft des Wasserstoffgases oder eines entzündlichen Gases beim Verbrennen einen Draht oder Platinschwamm glühend zu machen, obgleich sie ohne Flamme brennen, nach der Reihe untersuchen; lauter Fragen, welche die Theorie der Flammen angehen.

Wir wollen mit der Entzündung der Gase in einer sehr verdünnten Luft den Anfang machen.

Der kleine Wasserstoffgasapparat, der in der Chemie unter dem Namen des lumen philosophicum bekannt ist, bringt eine Flamme von 4 bis 5 Millimeter Höhe hervor, die sich unter dem Recipienten einer Luftpumpe befindet, der zwei bis drei Kubikdecimeter Luft enthält; diese Flamme erweitert sich in dem Verhältnisse, als man einen leeren Raum macht und erreicht ihr Maximum an Größe, wenn der innere Druck vier bis fünfmal geringer ist als der der Atmosphäre. Wenn man fortfährt, einen leeren Raum zu erzeugen, so nimmt die Flamme an Größe ab, bis der Druck sieben- bis achtmal geringer ist; alsdann erlischt sie. Mit einem beträchtlicheren Strahle dauert die Flamme länger, denn sie erlischt nur bei einem zehnmal geringeren Drucke. In diesem Falle wird die entwickelte Hitze so beträchtlich, daß sich das Ende der Röhre bis zum Weißglühen erhitzen kann. Die beträchtliche Wärmeentwicklung ist die Ursache der längeren Dauer des Verbrennens. Denn wenn man, wenn der Strahl der Flamme 4 Millimeter beträgt, einen feinen Platindraht hineinbringt, der bald glühend wird, so kann die Verbrennung unterhalten werden, bis der innere Druck dreizehn-

mal geringer als der atmosphärische ist. Daraus sieht man, daß die Verdünnung der Luft oder des verbrennenden Stoffes nur dann ganz die Flamme des Wasserstoffgases auslösche, wenn die hervorgebrachte Wärme unzureichend ist, um die Verbrennung zu unterhalten. Es folgt daraus, daß die Körper, welche zu ihrer Verbrennung eine geringere Wärme verlangen, gerade diejenigen sind, welche in einer verdünnteren Luft brennen. Eben so verhält es sich in Beziehung auf die, welche viele Wärme entwickeln.

Die Schlüsse sind bei der Verbrennung des ölbildenden Gases, des Kohlenoxyds, des Schwefelwasserstoffes und des Schwefels bestätigt worden. Dieser letztere, welcher, den Phosphor ausgenommen, bei einer niederern Temperatur als jede andere entzündliche Substanz brennt, gibt in einer 15mal verdünnten Luft eine sehr schwache blaue Flamme. Die entwickelte Wärme ist hinreichend, um einen feinen Platindraht zum Dunkelglühen zu bringen; die Flamme erlischt nur dann gänzlich, wenn der Druck auf $\frac{1}{20}$ gebracht ist.

Der Phosphor brennt bei einer weit niederern Temperatur, denn nach Van Marum ist die Verbrennung in einer sechzigfach verdünnten Atmosphäre wahrnehmbar, und das Phosphorwasserstoffgas bringt nach Davy in dem möglichst vollkommenen leeren Raum einen Lichtblitz hervor.

Im Allgemeinen kann man sagen, daß man mit Erhaltung der Wärme in der verdünnten Luft oder auch durch Erwärmung der Mischung die Entzündung verlängern könne.

Die Verdünnung der Luft oder des verbrennenden Princips durch die Wärme muß auf das Verbrennen Wirkungen hervorbringen, welche denen ähnlich sind, die man durch die Verdünnung vermittelst der Luftpumpe erhält.

Folgender Versuch gibt sogleich einen Begriff von

der ersten Verdünnungsweise der Luft: als Davy in eine, über Quecksilber, das gekocht hatte, graduirte Mischung von zwei Theilen Wasserstoffgas und einem Theile Sauerstoffgas gebracht hatte, so erwärmte er die Röhre mit einer Weingeistlampe, bis das Volumen von 1 auf 2,25 vergrößert war, sodann brachte er mit einer andern Lampe und einem andern Löthrohre den obern Theil der Röhre zum Glühen; die Explosion fand augenblicklich Statt. Ich führe hier noch einen andern Versuch an, welcher beweist, wie man dies aber leicht a priori einsehen muß, daß die Expansion durch die Wärme, anstatt die Verbrennlichkeit des Gases zu vermindern, die Mischung im Gegentheile geschickter macht, sich bei einer niederern Temperatur mit Explosion zu entzünden.

Mischungen von Sauerstoff und Wasserstoff wurden in Röhren gethan, worin sie über geschmolzenem leichtflüssigen Metalle erwärmt wurden. Man erhöhte die Temperatur unter die, welche erforderlich ist, um das Glas im Dunkeln leuchtend zu machen. Die Verbindung wurde langsam ohne Licht bewirkt. Wenn man von 100 Gr. ausging, schien das Volumen des gebildeten Gases dem der primitiven Gase gleich zu kommen. Als man schnell die Wärme bis zur Glühhitze steigerte, hatte die Explosion mit Wärmeentwicklung Statt. Die explodirende Mischung detonirte nur dann mit einer glühenden Kohle, wenn sie bei dem Tageslichte glühte und frei von Asche war; beim Dunkelglühen war die Erscheinung nicht so wahrnehmbar.

Das Kohlenwasserstoffgas oder das Wasserstoffgas in den Erzgruben erfordert eine sehr starke Hitze zum Verpuffen. Man kann es mit Vortheil anwenden, um die Wirkungen des Verbrennens bei hohen Graden der Verdünnung durch die Wärme zu studiren.

Wir wollen zu den Erscheinungen der Verdichtung übergehen. Man sperrt über Quecksilber und erwärmt

nach und nach im Sandbade eine Mischung Sauerstoff und zweifach Phosphorwasserstoffgas; indem man das Quecksilber auf 116°,7 C. erhitzt, so findet die Explosion Statt. Wenn man eine Mischung Sauerstoff und zweifach Phosphorwasserstoffgas, welche bei einer Temperatur explodirt, die etwas höher als die des kochenden Wassers ist, in einen Recipienten bringt, der mit einer Druckpumpe in Verbindung steht und sie sodann über Quecksilber so verdichtet, daß man sie nur noch den fünften Theil ihres Volumens einnehmen läßt, so findet weder Verpuffung noch irgend eine chemische Veränderung Statt, wie man sich dadurch davon überzeugen kann, daß man die Gase wieder in ihr anfängliches Volumen versetzt; alsdann aber findet, wenn man sich ihr mit einer Weingeistlampe nähert, eine Explosion Statt. Daraus kann man den Schluß ableiten, daß die Wärme, welche von der Zusammendrückung der Gase übrig gelassen wurde, die eigentliche Ursache der von ihr hervorgebrachten Verbrennung ist, und daß bei einer gewissen Temperaturerhöhung oder in verdünnten und verdichteten Atmosphären Explosion oder Verbrennung, d. h. Verbindung mit Wärme und Lichtentwicklung stattfinde. Die Erscheinungen der Explosion und der Verbrennung mit Hülfe der Wärme werden durch die Mischung verschiedener Gase modificirt.

Bei einigen Graden unter Null leuchtet der Phosphor schwach. In dem reinen Sauerstoffgase wird er nur dann leuchtend, wenn man die Temperatur auf 24 bis 28 Grad erhöht hat und fängt bald Feuer. Die Lichterscheinung hört mit dem Erkalten auf und erscheint wieder, wenn man eine kleine Menge Stickgas hineinbringt. Woher rührt der Einfluß dieses Gases? Das Abkühlungsvermögen der gasartigen Mischungen um das Verbrennen zu verhindern, muß mit ihrer Verdichtung zu- und mit ihrer Verdünnung abnehmen. Die Menge der Materie, welche zu glei-

cher Zeit in gegebenen Räumen in Verbindung tritt, nimmt auf eine relative Weise zu oder ab.

Kurz, wenn reine Gase mit Flamme brennen, so ist das Licht außerordentlich schwach; die Dichtheit einer gewöhnlichen Flamme ist der Menge fester Kohle proportional, die sich zuerst absetzt und sodann verbrennt. Die Flamme hat die Gestalt eines Konus, weil die größte Hitze in dem Mittelpunkte der explodirenden Mischung ist. Der Ort, wo sich die verbrennliche Materie verflüchtigt, scheint dunkel im Vergleiche mit dem Orte, wo sie zu verbrennen anfängt; da vermischt sich dieser Dampf dergestalt mit der Luft, daß sie davon explodirend wird; die Hitze nimmt gegen die Spitze der Flamme hin ab, weil da am wenigsten Sauerstoff ist. Wenn der Docht durch Anhäufung der Kohle eine beträchtliche Dicke erlangt, so kühlt er die Flamme durch Ausstrahlen ab, und hält eine Menge Luft ab, sich an seinem centralen Theile zu vermischen. Alsdann glüht nur noch die Kohle, welche sich von dem Gipfel der Flamme losmacht, und entweicht großen Theils, ohne verzehrt zu werden.

Die Intensität des Lichtes der verschiedenen Flammen in der Atmosphäre nimmt durch die Verdichtung zu und durch die Verdünnung ab; wenn die Atmosphären dichter werden, so enthalten sie mehr Partikelchen, die im Stande sind, Licht auszustrahlen, und überdies absorbiren die meisten dieser Partikelchen Wärme, um leuchtend zu werden.

Diese allgemeinen Thatsachen führten Davy auf sehr merkwürdige Versuche, welche Döbereiner auf den Weg von den Eigenschaften der Metallschwämme brachten. Der Sauerstoff und die brennbare Luft im Contakte mit einem hinlänglich erwärmten Drahte verbinden sich ohne Flamme und bringen doch Wärme genug hervor, um den Draht in einem Zustande des Glühens zu erhalten und ihre eigene Verbrennung zu unterhalten. Es bedarf nur einer Temperatur

die weit unter dem Glühen ist, um diese Erscheinung hervorzubringen. Man kann sie mit Mischungen aus ölbildendem Gase und Luft, aus Mischungen von Kohlenoxyd, Cyan nnd Wasserstoff erhalten. In dem letzteren Falle findet schnelle Wassererzeugung Statt. Mit einem Drahte von gleichem Durchmesser ist das Glühen in dem Wasserstoffe größer als in den Mischungen von ölbildendem Gase, und intensiver in den Mischungen mit ölbildendem Gase als in denen von Kohlenoxydgas.

Mit einem Drahte von $\frac{1}{3}$ Millimeter im Durchmesser nimmt die Wärme in den sehr verbrennlichen Mischungen dergestalt zu, daß sie detoniren müssen. Man kann diese Erscheinung mit Alkohol und Aether hervorbringen. Wenn man einen Tropfen Aether in ein kaltes Glas, oder einen Tropfen Alkohol in ein erwärmtes Glas bringt und einen Platindraht von $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{3}$ Millimeter im Durchmesser, der spiralförmig gewunden ist, erwärmt und ihn sodann in das Glas taucht, so wird er beinahe weißglühend und bleibt dies so lange, als eine hinreichende Menge von Dampf und Luft da ist.

Wird der Versuch mit dem Aether im Dunkeln angestellt, so bemerkt man über dem Drahte ein blasses phosphoreszirendes Licht, welches sehr sichtbar ist, wenn der Draht zu glühen aufhört. Dieses Phänomen begleitet die Bildung einer flüchtigen und stechenden Substanz, welche die sauren Eigenschaften besitzt und aus Wasserstoff, Kohlenstoff und Sauerstoff besteht.

Davy, welcher die so eben genannten Eigenschaften benützte, verfertigte eine Lampe ohne Flamme, welche er aphlogistische Lampe nannte, und welche folgendermaßen aussah: Man rollt um den Docht einer Weingeistlampe einen Platindraht von $0^{m},025$ im Durchmesser und sorgt dafür, daß ein Theil über denselben hinausrage. Man zündet die Baumwolle an und der Draht wird sogleich glühend, sodann

löscht man den Docht aus; der Theil aber des Drahtes, der darüber liegt, ist von einer Mischung von Luft und Alkoholdampf, den der Docht liefert, umgeben, welche unter Verbreitung eines schwachen Schimmers, der die umgebenden Gegenstände zu erkennen gestattet, zu brennen fortfährt. Eine nach diesem Principe verfertigte Lampe braucht nicht leicht mehr als 16 Gramme Alkohol in 8 Stunden; sie verbreitet keinen unangenehmen Geruch. Es ist nothwenig, den Draht von Zeit zu Zeit zu reinigen.

Eine langsame Verbrennung bringt interessante chemische Erscheinungen hervor. Ein Platindraht, der unter den gewöhnlichen Umständen in eine Mischung Cyan und Sauerstoff gebracht wird, erhitzt sich bis zum Weißglühen; es tritt eine Bildung von gelbem Dampfe und salpetriger Säure ein. In einer Mischung von ölbildendem Gase bildet sich viel Kohlenoxyd. Das Platin und Palladium bringen allein die Erscheinung hervor. Eine dünne Schichte von einer kohlenartigen Materie verhindert das Glühen des Platins gänzlich; eine leichte Schwefelschichte bringt die nämliche Wirkung auf das Palladium hervor. Davy schreibt die Erscheinung dem Umstande zu, daß diese Schichten das strahlende Vermögen dieser Metalle vermehren. Ein große Platinfläche kann in dem Dampfe des Aethers glühend werden, wenn die Platten dünn sind.

Von den Eigenschaften der Metallgeflechte.

Wir wollen uns erinnern, daß das Licht der gewöhnlichen Flammen fast ganz von dem Glühen und dem Verbrennen der festen Kohle, die sich absetzt, abhängt, und daß die Wärmemenge, welche während des Verbrennens entwickelt wird, der Menge Materie proportional ist, welche verbrennt, und welche mit dem Körper im Contakte ist, den man erhitzen will.

Nun ist es möglich, während man der Flamme ihr Licht erhält, ihr einen Theil ihrer Wärme zu entziehen, indem man einen Draht und aus noch stärkeren Gründen ein Metallgeflecht in sie steckt. Die ihr von diesem entzogene Wärmemenge ist hinreichend, ihr zu gleicher Zeit einen Theil der Eigenschaften zu entziehen, die sie besitzt, um andere Körper zu entzünden; da nun unter dem nämlichen Umstande die Flamme wenig von ihrer erleuchtenden Eigenschaft verliert, so sieht man sogleich den Vortheil ein, der bei Anwendung der Metallgeflechte entspringt, um die Entzündung der Gase zu verhindern, in deren Mitte sich eine angezündete Lampe befinden kann; Davy verdankt man diese schöne Anwendung der Eigenschaften der Metallgeflechte, deren allgemeine Principien wir sogleich angeben wollen. Da die Verringerung der Temperatur der Masse des Geflechtes proportional ist und demnach im Verhältnisse mit der Kleinheit der Oeffnungen steht, so hängt das Vermögen eines Metallgeflechtes, um einer Explosion vorzubeugen, von der erforderlichen Wärme, um die Verbrennung hervorzubringen, im Vergleiche mit der ab, welche das Geflecht erlangte. Daraus geht hervor, daß je mehr Wärme die Flamme bei dem Verbrennen entwickelt, desto enger das Geflecht sein müsse. Auf diese Weise kann das nämliche Geflecht eine Flamme durchlassen und eine ander auffangen, welche weniger Wärme entwickelt.

Ein Geflecht von 14 Oeffnungen auf den Quadratcentimeter, das aus einem Drahte von einem halben Millimeter im Durchmesser gemacht wurde, fängt bei der gewöhnlichen Temperatur die Flamme einer Weingeistlampe und nicht die des Wasserstoffes auf; erhitzt man dieses Gewebe, so hält es nicht die Flamme der Weingeistlampe auf. Man könnte eine große Anzahl derartiger Beispiele anführen.

Die comparative Verbrennlichkeit der verschiedenen

gasartigen Substanzen steht bis auf einen gewissen Punkt im Verhältnisse zu der Masse, welche der erhitzte Körper haben muß, damit Entzündung stattfinde. Ein Eisendraht von 7 Millimetern im Durchmesser, der kirschrothglühend gemacht wurde, entzündet das ölbildende Gas nicht, während er das Wasserstoffgas entzündet; hat er aber 3 Millimeter, und wird er in demselben Grade erhitzt, so entzündet er das ölbildende Gas. Ein Draht von 5 Millimetern muß bis zum Weißglühen erhitzt werden, um das Wasserstoffgas zu entzünden; bei einer kaum roth glühenden Hitze entzündet er das zweifach Phosphorwasserstoffgas. Es ist begreiflich, warum man ein sehr feines und sehr dichtes Gewebe nöthig hat, um die Explosion einer Mischung von Sauerstoff und Wasserstoff zu verhindern, während ein lockeres und grobes Gewebe hinreicht, um der Explosion der brennbaren Luft in den Erzgruben zuvorzukommen, welche das am wenigsten entzündliche unter allen bekannten entzündlichen Gasen ist.

Die über der Flamme des Schwefels erhaltenen Erscheinungen machen die Wirkung der Metallgeflechte augenscheinlich; ein Geflecht von 85 bis 100 Oeffnungen auf den Quadratcentimeter, das über der Flamme angebracht wurde, bringt folgende Erscheinungen hervor. Es geht zuerst durch verdichtete Schwefeldämpfe, und die Flamme wird aufgefangen. Der Rauch setzt einige Augenblicke fort, nimmt in dem Verhältnisse ab, als die Hitze zunimmt und in dem Augenblicke, wo er verschwindet, was sich wohl ereignet, bevor das Geflecht glühend ist, geht die Flamme durch; die Temperatur, welche zu Verbrennung des Schwefels erforderlich ist, ist die, bei welcher er gasartig wird.

Wenn schnelle Ströme von explodirenden Mischungen auf ein Metallgeflecht wirken, so erhitzen sie sich sehr schnell; darum läßt auch das nämliche Netz, welches die Flammen der explodirenden Mischungen in Ruhe

hält, dieselbe durchgehen, wenn sie sich schnell bewegen; wenn man aber die abkühlende Oberfläche durch Verminderung der Größe der Oeffnung vergrößert oder die Tiefe derselben vermehrt, so kann man trotz der Schnelligkeit ihrer Bewegung alle Flammen aufhalten. Diese Thatsachen und einige andere beweisen, daß, wenn die Flamme von festen, dem Lichte und der Luft durchgänglichen Geweben aufgefangen wird, diese Eigenschaft einzig und allein von ihrem Abkühlungsvermögen abhänge. Man sieht jetzt, was sich bei einem Lichte ereignen müsse, das in ein Gehäuse von Metallgeflechte eingeschlossen und in eine Atmosphäre von explodirendem Gase in Ruhe gebracht ist: die Drähte erreichen bald ihr Wärmemaximum; da ihr Strahlungsvermögen und das Abkühlungsvermögen der Atmosphäre durch die Mischung des entzündlichen Gases wirksamer würden, so gestatten sie ihnen nicht mehr, auf eine Temperatur zu kommen, welche der Rothglühhitze gleich und zur Entzündung erforderlich ist. Man kann also durch Anwendung der hinlänglich dichten Gewebe das Dunkelrothglühen verhindern und das Verpuffen vermeiden, was oft traurige Zufälle in den Steinkohlengruben oder andern veranlaßt, wo sich eine große Menge von Kohlenwasserstoffgas entwickelt.

Wir geben hier nach Baillet die Beschreibung einer Sicherheitslampe (Fig. 1 Taf. XI.), welche nach den so eben angegebenen Principien verfertigt ist, und welche alle nur zu wünschende Vorzüge, Solidität, Einfachheit und gar nicht kostspielige Einrichtung in sich vereint.

Man findet bei einer Sicherheitslampe drei Haupttheile: 1) den Oelbehälter; 2) das Metallgeflecht; 3) das Gehäuse, welches dazu dient, das Geflecht auf dem Behälter zu befestigen und dasselbe vor jedem Stoße zu sichern.

Der Behälter a ist cylindrisch, mehr breit als hoch, damit das in ihm enthaltene Oel von dem angezün-

deten Ende des Dochtes weniger entfernt ist, und ihn leicht speisen kann; der obere Boden dieses Behälters hat eine kreisrunde Oeffnung von 18 bis 20 Millimetern im Durchmesser, welche die horizontale Platte des Dochtträgers bedeckt, und über ihr befindet sich ein cylindrischer Ring, dessen senkrechte innere Oberfläche schraubenförmig geschnitten ist. Man bringt das Oel in den Behälter vermittelst einer äußeren Röhre, deren äußere Mündung durch eine kupferne Schraube geschlossen wird, und deren untere Oeffnung sich so nahe als möglich bei dem Boden befindet.

Eine an den beiden Enden offene Röhre d (Fig. 2 Taf. IX.) ist an dem Boden angelöthet, und geht durch die Platte des Dochtträgers und über denselben hinaus; sie ist dazu bestimmt, einen cylindrischen Stab aufzunehmen, der sie ganz ausfüllt und dessen oberes Ende zu Regulirung des Dochtes hakenförmig gekrümmt ist. Das untere Ende dieses Stabes ist rechtwinklicht gebogen, damit man dasselbe auf die Zunge oder Platte f, wovon ein Ende frei und das andere unter dem Behälter angelöthet ist, stellen und anhalten kann.

Eine andere Röhre g geht durch die beiden Böden des Behälters und ist daselbst luftdicht angelöthet; sie dient zu dem Wege einer Schraubenstange (Fig. 3), welche die Laterne geschlossen hält und sie nur mit dem Schlüssel (Fig. 4) zu öffnen gestattet, welcher zu dem Kopfe dieser Schraube paßt. Die Mündung dieser Röhre wird vermittelst einer Platte oder Schlüsselblech u verstopft, das sich über einen genieteten Nagel dreht.

Der Dochtträger h ist eine kleine senkrechte Röhre von 5 Millimeter Durchmesser und 30 Millimeter Länge; er ist in dem Mittelpunkte einer horizontalen Platte i von 45 Millimeter Durchmesser angelöthet; an der Seite, ein wenig unter seinem oberen Ende hat er eine rechtwinklichte Oeffnung k, um den Haken nach Belieben in dieselben zu bringen, der dazu

dient, den Docht höher zu bringen oder ihn auszulöschen.

Die Hülle oder das Metallgeflecht l enthält 140 Oeffnungen auf den Quadratcentimeter; seine Höhe beträgt 15 bis 17 Centimeter; sein oberes Ende hat 35 Millimeter im Durchmesser, und sein unteres Ende 38 bis 40. Es hat die Form eines etwas konischen Cylinders, wodurch es möglich wird, dasselbe in das Gehäuse zu bringen, und es leicht wieder heraus zu nehmen; es ist offen und sein Rand m ist nach außen in einer Breite von 2 bis 3 Millimeter umgeschlagen, oder dieser Rand wird, was noch besser ist, von einem eisernen Bande in dem Halse eines kupfernen Rondells zusammengezogen. Aus Furcht, der obere Theil der Hülle möchte durchlöchert sein, was eine Explosion zu Folge haben würde, bedeckt man ihn mit einer zweiten Hülle o, welche 3 bis 4 Centimeter lang ist und deren Boden 12 bis 15 Millimeter über dem Boden der ersteren steht; die Verbindungen dieser Hüllen müssen gefüttert werden, oder Ränder haben, die über einander gelegt sind, damit es keine größere Oeffnung als die Zwischenräume des Geflechtes gibt. Anstatt der zweiten Hülle kann man an dem Gipfel der Hülle oder Kamine e einen cylindrischen Aufsatz p von Kupfer anbringen, der eben so kleine Löcher hat, wie die Maschen des Metallgeflechtes Fig. 5. Das Gehäuse q besteht aus vier oder fünf dicken Eisendrähten, die 18 bis 19 Centimeter lang und mit ihrem unteren Ende auf dem Rande eines kupfernen Ringes r und mit ihrem andern Ende auf einer Eisenblechplatte s von 7 bis 8 Centimeter im Durchmesser befestigt sind. Der Ring r hat auf seiner äußeren, senkrechten Oberfläche vier bis fünf Schraubengänge.

Die Platte s ist breit genug, um den Cylinder und Behälter zu bedecken und zu verhindern, daß keine herabfallenden Wassertropfen in die Laterne kom-

men und die Lampe auslöschen; sie ist mit einem Ringe und einem Haken versehen, damit man die Lampe in der Hand tragen, sie in ein Knopfloch hängen, oder sie befestigen kann, wo man will.

Man bringt den Cylinder von Metallgeflecht in dieses Gehäuse, bis sein unterer Rand m oder der Ring n, auf welchem dieser Rand befestigt ist, mit dem Ringe r in Berührung steht; dieser Ring wird sodann in die Schraubenmutter des Behälters eingeschraubt; er befestigt zu gleicher Zeit das Gehäuse, den Cylinder und den Dochtträger und erhält sie an ihrer Stelle.

Drittes Kapitel.

Elektrisches Licht.

Jedesmal, wenn zwei Elektricitäten, die sich auf zwei in einer Entfernung befindlichen Körpern anhäuften, eine hinreichende Spannung besitzen, um den Widerstand der Luft zu überwinden, so wird die Wiedervereinigung gewöhnlich unter Lichtbegleitung oder in Gestalt von Funken bewerkstelligt: dies ist das elektrische Licht. Als Beispiele führen wir die Entladung einer Leydner Flasche und die der Volta'schen Säule an, wenn man die Verbindung der beiden Pole herstellt. Die zu Entwicklung des elektrischen Lichtes erforderliche Spannung, sowie die Farbe dieses Lichtes hängen von der Gestalt der Körper, von dem Drucke der gasartigen Mittel, durch welche die Ladung geht und sogar von ihrer Natur ab. Wenn die Körper abgerundet sind, so muß die Spannung stärker sein, als wenn sie eckig sind.

Das elektrische Licht ist um so glänzender, je besser die Körper die Elekricität leiten. Bei schlecht leitenden Körpern wird das Licht schwach und nimmt

nach der Farbe dieser Körper violettartige und sodann rothe Farben an; lauter Modifikationen, die wir wieder antreffen, wenn die brennbaren Körper mehr oder weniger langsam verbrennen.

Nach diesen Angaben ist es begreiflich, daß das Licht weiß und glänzend wird, wenn die Entladung in einem verdichteten Mittel vor sich geht, während dasselbe eine röthliche Farbe annimmt, wenn das Mittel verdünnt ist. In dem ersten Falle ist wegen des Widerstandes der Luft eine größere Spannung erforderlich, als in dem zweiten. In dem leeren Raume ist das Licht zerstreut, weil die Elektricität, welche, wenigstens großen Theils, auf den Körpern durch den Druck der Luft nicht mehr zurückgehalten wird, in dem Verhältnisse entweicht, als sie auf die Oberfläche des Körpers gelangt.

Es gibt noch andere Ursachen, welche die elektrische Farbe modificiren, wie z. B. das Dasein materieller Partikelchen in dem Medium, durch welches die Entladung geht.

Davy hat in dieser Beziehung eine Reihe sehr merkwürdiger Versuche angestellt, welche wir in unserer Abhandlung über die Elektricität angeführt haben.

Aus diesen Untersuchungen geht hervor, daß, wenn man die Temperatur des Quecksilbers in der barometrischen Leere erhöht, das elektrische Licht, welches durch diese Leere geht, wegen der Quecksilberdämpfe grün erscheint, und daß, wenn man stufenweise die Temperatur bis zum Kochen des Quecksilbers erhöht, die Entladung einer Batterie von einigen Flaschen in demselben ein sehr glänzendes Licht erzeugt, während es beim Abkühlen des Quecksilbers nach und nach schwächer wird, und zwar so, daß es bei —20 Gr. so schwach ist, daß es nur in einer sehr großen Dunkelheit wahrgenommen wird. Diese Erscheinung hängt bloß von der Weite ab, welche das Quecksilber zu durchlaufen hat, denn ein sehr einfacher Versuch be-

weist, daß das elektrische Licht, welches von der Entladung einer sehr starken Batterie hervorgebracht wird, ein ebenso lebhaftes und ebenso glänzendes Licht hervorbringt, als wenn die Entladung in der Luft stattfindet; der Versuch wird auf folgende Weise angestellt:

Man nimmt einen gläsernen Recipienten, durch dessen obern Theil eine messingne Stange geht, die an jedem Ende eine kleine metallene Kugel hat; an einem Seitentheile des Recipienten ist eine ähnliche Stange angebracht, die ebenso wie die andere durch eine lederne Büchse geht, wodurch man die inneren Kugeln näher bringen oder entfernen kann. Wenn diese auf eine Entfernung von 1 oder 2 Centimeter gebracht, und der leere Raum in dem Recipienten gemacht ist, so läßt man die Entladung einer aus einer gewissen Anzahl von Flaschen bestehenden Batterie von der einen zu der andern gelangen, indem man die beiden Stangen mit den beiden Oberflächen der Batterie in Verbindung bringt. Diese Entladung geht unter Erzeugung der ebenso starken Lichterscheinungen vor sich, als wenn sie in der Luft stattgefunden hätte. Wenn also die Elektricität, deren Spannung nicht sehr beträchtlich ist, in dem leeren Raume ein schwaches und zerstreutes Licht gibt, so wird dieses Licht lebhaft und glänzend, wenn die Spannung bedeutend ist. Wir werden uns bemühen, diese Verschiedenheit in den Erscheinungen zu erklären, wenn wir die Ursachen zu entwickeln suchen werden, welche bei Erzeugung des elektrischen Lichtes zusammenwirken. Wir wollen jetzt mit der Untersuchung des elektrischen, im leeren Raume entwickelten Lichtes fortfahren, wenn dieser materielle Theile von verschiedener Natur enthält.

Der Apparat, dessen sich Davy bedient, ist so eingerichtet, daß man nach Belieben Luft oder andere gasartige Substanzen in denselben gelangen lassen kann. Die vorzüglichsten Resultate, welche er erhalten hat, sind folgende:

Wenn man in die Quecksilberleere die geringste Menge Luft brachte, so veränderte sich die gewöhnliche grüne Farbe in meergrün; durch neue Zusätze ging sie in Blau und in Purpur über.

Wenn man die Leere über einer leichtflüssigen Legirung machte, um nicht auffallend ponderable Stoffe in der Leere zu haben, so war das Licht blaß und strohgelb. Wurde die Leere über Olivenöl und Chlorantimon gemacht, so war in diesem letztern Falle das Licht stärker, als mit dem Oele. Diese verschiedene Wirkungen scheinen zu beweisen, daß die Lichteigenschaften der Elektricität zum Theile der ponderabeln Materie angehören, durch welche die Entladungen fortgepflanzt werden. Indessen müssen wir beifügen, daß der Raum, in welchem sich keine bestimmbare Menge von dieser Materie befindet, geschickt ist, die Lichterscheinungen fortzupflanzen, wenn die Intensität der Entladung hinreichend ist. Wenn das Dasein der Materie zu Erzeugung des elektrischen Lichtes nicht unerläßlich ist, so muß man gestehen, daß sie auf eine besondere Weise das Licht nach einer Erscheinung modificirt, welche Aehnlichkeit mit derjenigen hat, die man beobachtet, wenn man reines Wasserstoffgas und Kohlenwasserstoffgas, d. h. ein Gas verbrennt, in welchem sich Körperchen im Glühen und im Verbrennen befinden. Wir werden in einem Augenblicke auf die wahrscheinliche Ursache des elektrischen Lichtes zurückkommen; zuvor aber müssen wir mit den schönen Lichterscheinungen bekannt machen, welche die Entladung starker Volta'scher Säulen begleiten, weil sie uns noch neue Elemente zu Erörterung der Aufgabe liefern werden.

Wenn man in Wasser vermittelst zweier Leiter aus Metall, wovon sich jeder in ein Stück gut ausgeglühter Kohle endigt, die Entladung einer Volta-schen Batterie mit breiten Platten gehen läßt, so sprühen lebhafte Funken auf jeder Seite der Kohle

heraus, deren Temperatur bis zum Weißglühen steigt; diese Erscheinung ist von einer reichlichen Gasentwicklung begleitet. Die Lichterscheinungen sind beinahe die nämlichen, wenn man statt des Wassers schlecht leitende Flüssigkeiten, wie fixe oder flüchtige Oele, Aether, Alkohol u. s. w. oder auch gut leitende Flüssigkeiten, wie die Salpeter-Schwefelsäure u. s. w. nimmt. Wahrscheinlich hängt das Glühen der Kohle davon ab, daß, da sie mit Gaskügelchen umgeben ist, die Wärme nicht unmittelbar auf die umgebende Flüssigkeit fortgepflanzt werden kann. Die Lichterscheinungen sind weit glänzender, wenn man in der Luft und noch besser in dem leeren Raume mit den beiden Kohlenstücken operirt und eine Säule nimmt, die aus einer großen Anzahl von Elementen besteht.

Der Versuch wurde zuerst von Davy mit einer Säule von zweitausend Paaren angestellt. Die Anordnungen dieses merkwürdigen Versuchs, der wegen seiner Wichtigkeit in der Geschichte der Elektricität Epoche macht, sind folgende: Der angewandte Apparat bestand aus einem Glascylinder, an dessen beiden Enden zwei lederne Büchsen angebracht waren, in welche zwei starke Stangen gingen, die man nach Belieben einander nähern oder von einander entfernen konnte. An jedem Ende dieser Stangen war inwendig ein kleiner Kegel von gut ausgeglühter Kohle befestigt. Nachdem die Spitzen der beiden Kegel in eine sehr kleine Entfernung von einander gebracht worden waren, so setzte man die beiden Stangen mit den Polen der Säule in Verbindung und machte in dem Apparate einen leeren Raum. Die Entladung übersprang den Raum, welcher die beiden Kohlen trennte und in demselben Augenblicke zeigte sich ein Lichtstrahl, der den Glanz aller künstlichen Lichter weit übertraf. Die Wärmeausstrahlung war so groß, daß die Kohle verflüchtigt wurde.

Man konnte die beiden Kohlenspitzen bis auf 1 Decimeter von einander entfernen, ohne daß der Lichtstrahl unterbrochen wurde. Wir fügen noch bei, daß der Glanz des Lichtes so stark war, daß die Netzhaut dergestalt afficirt wurde, daß sie das Licht nicht ertragen konnte. Nicht bloß die Kohle wurde verflüchtigt, sondern verschiedene Substanzen, wie Magnesia, Kalk, Saphir u. s. w., welche in den Weg der Entladung gebracht wurden, geriethen leicht ins Schmelzen.

Man kann mit einer Wollaston'schen Säule, die aus 10 Flaschen von gewöhnlicher Größe besteht, mit einem Stück Kohle, die gut ausgeglüht und in Quecksilber abgekühlt ist, um sie zu einem guten Leiter zu machen, Lichterscheinungen von großer Intensität und welche das Auge kaum aushalten kann, hervorbringen. Man befestigt dieses Stück Kohle an einen von den leitenden Drähten der Säule und berührt sie mit einem Platindrahte von 1 bis 2 Millimeter im Durchmesser, der mit dem andern Pole in Verbindung steht; es wird eine der lebhaftesten Verbrennungen bewerkstelligt. Die Entwicklung des Lichtes ist außerordentlich intensiv und die der Wärme so stark, daß das Ende des Platindrahtes wie Blei schmilzt. Im Allgemeinen kann man Licht- und Wärmeerscheinungen von großer Intensität mit Volta'schen Apparaten von mittelmäßiger Größe erhalten, wofern man nur den Durchmesser der Metalldrähte, die zu Fortpflanzung der Entladungen dienen, den Dimensionen der Volta'schen Paare anpaßt.

Wir haben gesagt, daß das elektrische Licht oder wenigstens seine Farbe und seine Intensität bei dem Durchströmen der Gase hauptsächlich nur von ihrer Spannung abzuhängen scheinen; indessen ist diese Ursache nicht die einzige, denn die eigenthümliche Natur des Gases wirkt auf eine gewisse Art auf den specifischen Charakter des Funkens mit. Faraday hat

einig „Untersuchungen in dieser Beziehung angestellt, deren Resultate nach Davy's und Weathstone's Beobachtungen vorausgesehen werden konnten. Er fand unter andern, daß bei gleichem Drucke in der Luft die Funken jenes intensive Licht und jene blaue Farbe haben, die wir an denselben wahrnehmen. Sie haben oft helle und dunkle Stellen auf ihrem Wege, d. h. sie zeigen Unterbrechungen der Stetigkeit, wenn die Elektricitätsmenge nicht sehr beträchtlich ist. In dem Stickgase haben sie das nämliche Aussehen wie in der Luft, außer daß die blaue oder Purpurfarbe stärker ist. In dem Sauerstoffe sind die Funken weißer als in der Luft und in dem Stickstoffe, aber nicht so glänzend. In dem Wasserstoffe zeigen sie eine schöne Carmosinfarbe, welche nicht von seiner geringen Dichtheit herrührt, denn sie verschwindet, wenn man das Gas verdünnt. In dem kohlensauren Gase ist die Farbe der des Funkens in der Luft ähnlich, nur hat sie ein wenig Grün an sich. In dem salzsauren Gase ist der Funken beinahe immer weiß ohne dunkle Theile. In dem Kohlenoxyde ist er grün, roth, bald das eine, bald das andere.

Um die Entwicklung des Funkens in der Luft in dem Verhältnisse richtig kennen zu lernen, als die Entfernung zwischen zwei Kugeln, die mit entgegengesetzter Elektricität geladen sind, zunimmt, verfährt man auf folgende Weise. Man gebraucht die Nairne'sche Maschine, welche die beiden Elektricitäten zu gleicher Zeit liefert. Diese Maschine ist so eingerichtet, daß man zwei Metallkugeln, wovon jede mit einem der Conduktoren in Verbindung steht, nach Belieben einander nähern kann. Wenn die beiden Kugeln in eine Entfernung von 4 bis 6 Millimetern gebracht sind, so hat der Funken folgende Beschaffenheit: auf der negativen Seite bemerkt man einen sehr deutlichen leuchtenden Punkt; auf der positiven Seite gleichfalls einen leuchtenden aber nicht so starken Punkt. In dem

Zwischenraume sieht man einen düstern veilchenfarbenen Theil. Entfernt man nach und nach die beiden Leiter, so trennt sich der negative leuchtende Theil in zwei Theile, die sich immer mehr von einander entfernen. Der Funken besteht alsdann aus drei leuchtenden und zwei düstern veilchenfarbenen Theilen. Wenn man mit der Entfernung der Kugeln fortfährt, so nähert sich der leuchtende Theil, der sich von dem negativen Conduktor losgemacht hatte, dem positiven Schimmer und vereinigt sich endlich mit demselben. Es bleibt nur noch ein sehr schwacher Schimmer auf der negativen, aber ein sehr starker auf der positiven Seite. Die Funken erlangen alsdann eine solche Intensität, daß es schwer ist, sie zu analysiren.

Wir beschränken uns hier bloß darauf, auf eine allgemeine Weise von dem elektrischen Lichte in der Absicht auf seinen Ursprung zu kommen, zu sprechen. Will man weitere Entwicklungen über das, was den elektrischen Strahlenbüschel in den verschiedenen Mitteln betrifft, über die Verschiedenheit der Lichterscheinungen, die an dem Ende des positiven und negativen Conduktors hervorgebracht werden, so kann man unsere Abhandlung über die Elektricität zu Rathe ziehen.

Von der Zusammensetzung des elektrischen Lichtes.

Man analysirt das elektrische Licht wie die andern Lichter. Wollaston hat sich zuerst mit dieser Analyse abgegeben. Er fand, daß das Spektrum, welches aus dem Uebergange des elektrischen Lichtes in das Prisma entsteht, aus farbigen Streifen bestehe, deren Zusammensetzung nicht die nämliche wie die des Spektrums vom Sonnenlichte war. Fraunhoffer, welcher gleichfalls die Beschaffenheit des Spektrums des elektrischen Lichtes untersuchte, hat große Verschiedenheiten mit dem Sonnenspektrum in Beziehung auf die Striche

und Streifen gefunden. Man bemerkt in dem elektrischen Spektrum mehrere zum Theile sehr helle Linien, wovon eine, die sich im Grünen befindet, im Vergleiche mit dem übrigen Theile des Spektrums eine so zu sagen glänzende Helle besitzt. Das Orange enthält eine andere nicht so leuchtende Linie, deren Farbe die nämliche zu sein scheint, wie die der hellen Linie des Spektrums von der Lampenflamme. In geringer Entfernung von der Gränze des Spektrums bemerkt man eine Linie, die nicht sehr hell ist und deren Licht eben so stark gebrochen ist, wie das des hellen Lichtes der Lampe in dem übrigen Theile des Spektrums. Man unterscheidet ferner ganz leicht in verschiedenen Theilen vier sehr helle Linien. Fraunhoffer schreibt das Dasein dieser hellen Linien einem Theile Licht zu, das durch die Prismen nicht zerlegt wurde.

Weathstone hat die Zusammensetzung des Spektrums des elektrischen Lichtes mit einem Teleskope untersucht, das mit einem Mikrometer versehen war. Er bediente sich eines elektromagnetischen Apparates, der so eingerichtet war, daß er einen Funken gab, der seine Lage nicht veränderte. Er erhielt folgende Hauptresultate.

Das Spektrum des aus Quecksilber gezogenen Funkens besteht aus sieben bestimmten Streifen, die durch dunkle Zwischenräume von einander getrennt sind; sie bestehen aus zwei einander nahe liegenden Orangestreifen, aus einem glänzend grünen Streifen, aus zwei einander sehr nahen bläulich grünen Streifen, aus einem sehr glänzend purpurfarbenen Streifen und endlich aus einem violetten Streifen.

Als er die Zusammensetzung der Spektren untersuchte, die von den Funken herkamen, welche aus Zink, Cadmium, Wismuth, geschmolzenem Blei gezogen wurden, so fand er, daß die Zahl, die Lage und die Farbe in jedem Falle verschieden sind. Das Spektrum von dem Zink und dem Cadmium gibt den

rothen Streifen, den man in den andern Spektren nicht findet. Die Resultate waren die nämlichen, als er den Funken von einer Volta'schen Säule nahm; was ein neuer Beweis für die Identität des elektrischen Lichtes ist, es mag von den Maschinen oder von den Volta'schen Apparaten herkommen.

Zu Ergänzung dieser Versuche forschte er nach, auf welche Weise die Zusammensetzung des elektrischen Lichtes sich verändere, wenn dieses aus Quecksilber in der Leere der Luftpumpe, in der des Toricelli, in dem kohlensauren Gase u. s. w. gezogen wurde. Die Resultate waren die nämlichen mit denen, welche man in der Luft oder im Sauerstoffgase erhielt. Dadurch ist bewiesen, daß das elektrische Licht nicht für ein Resultat der Verbrennung des Metalls gehalten werden dürfe.

Indem dieser Physiker die Thatsachen außer Zweifel setzte, die sich auf die Anordnung der vorhin beschriebenen glänzenden Linien beziehen, welche immer aus Linien entstanden, welche nach dem Metalle, dem man den Funken entlockte, der Zahl und der Lage nach verschieden waren, so fand er, daß der Einfluß der Metalle so auffallend ist, daß man, wenn man den Funken aus Legirungen zieht, gleichzeitig die Linien bemerkt, die jedem der beiden Metalle angehören. Es muß also die Dazwischenkunft der ponderablen Materie des Conduktors, welche verflüchtigt wird, etwas beitragen oder wenigstens das elektrische Licht modificiren. Wir werden auf diese Frage wieder zurückkommen, wenn wir von der Bildung des elektrischen Lichtes im Allgemeinen sprechen, um in dem nämlichen Rahmen alle Ursachen vorzutragen, welche uns über diese Bildungsweise aufklären können.

Aus den ähnlichen Forschungen Fusinieri's und Weathstone's erhellt, daß der Funken, welcher bei seinem Austritte aus einem metallischen oder andern Conduktor durch die Luft fährt, immer materielle Parti-

kelchen mit sich führt, und daß demnach das elektrische Licht nicht bloß aus der Wiedervereinigung der beiden Fluida bestehe, sondern auch noch von dem Glühen und sogar von dem Verbrennen der mitgenommenen ponderablen Stoffe herrühre; eine Erscheinung, welche mit derjenigen Aehnlichkeit hat, welche wir beschrieben haben, als wir von den Flammen als Resultat der Verbrennung des Gases sprechen. Davy wurde auf einen ähnlichen Schluß geleitet, jedoch mit dieser Bedingung, daß in dem Raume, wo keine bestimmbare Menge ponderabler Materie vorhanden sei, Lichtausstrahlung in Gestalt eines schwachen Schimmers gleichfalls stattfinden könne.

Kurz, wir sehen, daß das elektrische Licht wirklich aus der Wiedervereinigung der beiden Elektricitäten entstehen könne, daß es aber, um sich uns mit mehr oder weniger Glanz zu zeigen, das Dasein unwahrnehmbarer materieller Partikelchen nöthig habe, welche diese Eigenschaften modificiren, wie dies uns die verschiedenen Striche bezeugen, die wir in den Spektren wieder finden, die man von dem elektrischen Lichte erhielt, das von Funken herrührte, die aus verschiedenen Substanzen gezogen wurden.

Bulwer complett

à 6 xr. oder 2 sgr. pro Theil!!!

Bei Scheible, Rieger & Sattler in Stuttgart erschien so eben und kann durch alle Buchhandlungen bezogen werden:

E. L. Bulwer's

sämmtliche Romane.

Neueste und niedlichste

1845r Cabinets-Ausgabe.

Broschirt.

Erscheint in diesem Jahre vollständig in 80 Theilen, deren jeder nur 6 kr. oder 2 sgr. kostet.

Versendet ist bereits der 1—6te Theil, welche **Pelham** (übersetzt von Dr. Franz Kottenkamp) enthalten, so daß dieser ganze Roman, sowie alle übrigen — bei meisterhafter Uebersetzung — nur auf wenige Kreuzer zu stehen kommt.

Ferner erschien:

Der teutsche Kaisersaal.

Vaterländisches Gemälde

von

Wilhelm Zimmermann.

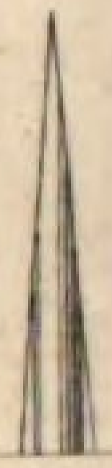
Mit dreißig Original-Stahlstichen.

Größtes Lexikon-Format. 10 fl. oder 6 Rthlr. 6 ggr.

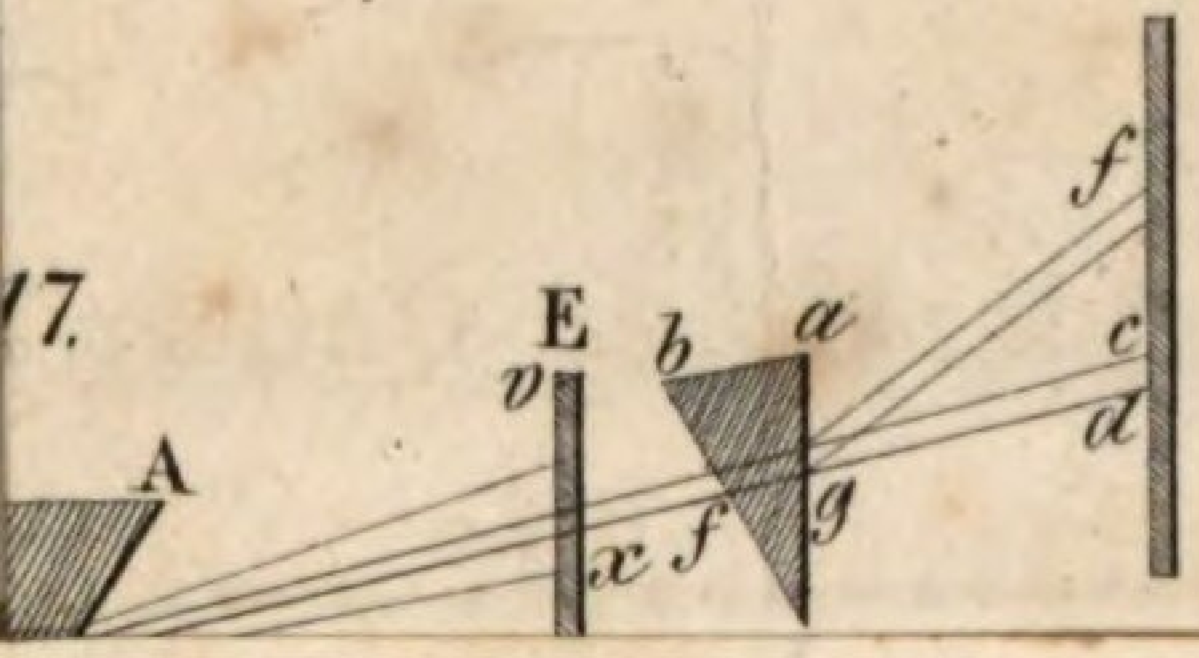
Pl. VII.

Fig.

Fig. 12.



17.



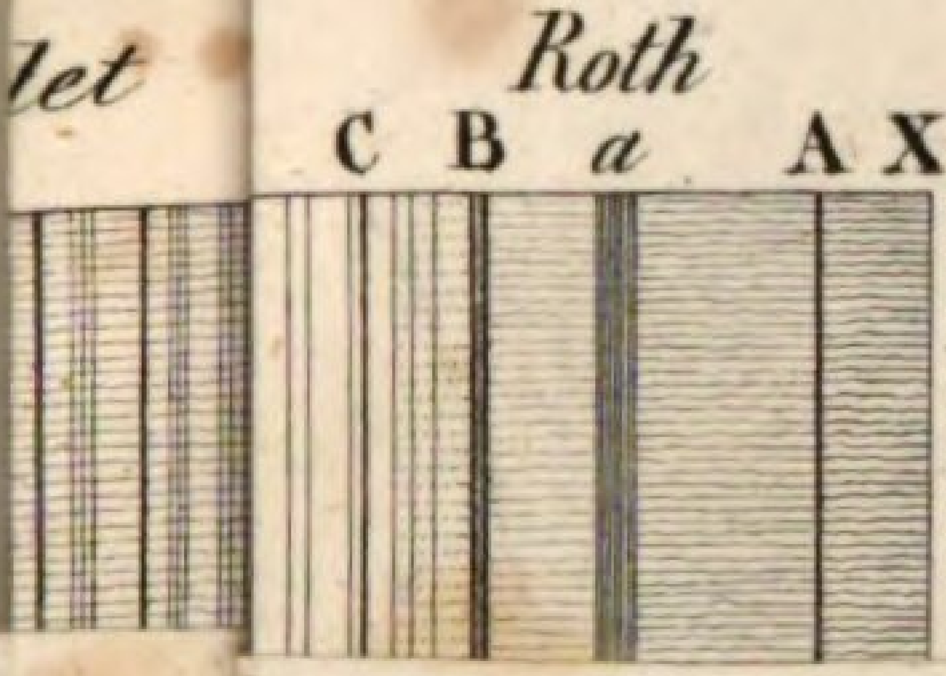


Fig. 1.

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Becquerel, Antoine César,

Populäre Naturlehre mit besonderer Rücksicht auf die Chemie und verwandten Wissenschaften in neun Theilen

Bd.: 5

Stuttgart (1845)

Phys.g. 602 p-5
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10132330-0